

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”  
Інженерно-хімічний факультет  
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ  
на здобуття ступеня бакалавра  
за напрямом підготовки: 13 – Машинобудування  
спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування  
спеціалізація: Обладнання лісового комплексу  
  
на тему: Модернізація накату картоноробної машини. Комплексний**

**Студент**

**В. О. Ніколаєв**

**Керівник дипломного проекту**

**В. М. Марчевський**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко  
(підпис)

“ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**Напрямок підготовки:** 6.050503 Машинобудування

**Програма професійного спрямування:** Обладнання лісового комплексу

**на тему:** Модернізація накату картоноробної машини. Комплексний

**Виконав студент IV курсу, групи ЛБ-51**

Ніколаєв Владислав Олегович

**Керівник проекту** професор, канд. техн. наук, В. М. Марчевський  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Консультанти:**

з охорони праці

доцент, канд. техн. наук, І. М. Ковтун  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

з економіки

ст. викладач, канд. техн. наук, О. А. Новохат  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_ В. О. Ніколаєв

Київ – 2019

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**Освітній ступінь:** бакалавр

**Напрямок підготовки:** 6.050503 Машинобудування

**Програма професійного спрямування:** Обладнання лісового комплексу

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко

“\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Ніколаєву Владиславу Олеговичу

**1. Тема проекту:** Модернізація накату картоноробної машини. Комплексний

Керівник проекту кандидат технічних наук, професор Марчевський В. М.

Затверджена наказом по університету від “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

**2. Термін подання студентом проекту:** 1 червня 2019р.

**3. Вихідні дані до проекту:** швидкість машини – 9,5 м/с, обрізна ширина картонного полотна – 4,2 м, маса 1 м<sup>2</sup> картону – 0,200 кг/м<sup>2</sup>.

**4. Зміст пояснювальної записки:** а) основна частина: обґрунтувати вибір накату, розглянути існуючі конструкції накатів, проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, конструктивний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції, виконати

складальне креслення накату та його основних складальних одиниць і деталей;  
здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки;

б) охорона праці: провести аналіз відповідності конструкції до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації накату;

в) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації накату;

г) економічна частина: обґрунтувати модернізацію конструкції та оцінити її ефективність.

**5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових**

**креслеників, плакатів, презентацій тощо):** кресленик складальний: модернізація накату картоноробної машини – 2А1, установка циліндр накату – А1, циліндр накату – А1, тамбурний вал – А1; Оболонка - А2, кришка - А3, цапфи –2 А3.

**6. Консультанти розділів проекту:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І. М.		
Економіка	Новохат О. А.		

**7. Дата видачі завдання:** 15 квітня 2019 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту	16.04.19	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації ( на основі зміни конструкції)	18.04.19	
3	Опис конструкції. Вибір і опис конструкції холодильної частини КРМ. Технічна характеристика. Вибір матеріалів.	19.04.19	
4	Параметричний розрахунок.	22.04.19	
5	Розробка складальних креслень.	24.04.19	
6	Розрахунки на міцність і жорсткість. Розробка алгоритмів та програм розрахунку	26.04.19	
7	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	15.05.19	
8	Обґрунтування економічної доцільності модернізації	20.05.19	
9	Розробка вимог до холодильної частини з питань охорони праці	22.05.19	

1	2	3	4
10	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	30.06.19	
11	Попередній захист проекту	01.06.19	
12	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	10.06.19	

**Студент**

\_\_\_\_\_В. О. Ніколаєв

(підпис)

**Керівник дипломного проекту**

\_\_\_\_\_В. М. Марчевський

(підпис)

## Реферат

УДК 676.058.1

Модернізація накату картоноробної машини для намотування картону в рулони: Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр»/ КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО; Керівник В. М. Марчевський. – К., 2019. – 92 с.: іл. Викон. – В. О. Ніколаєв – Бібліогр.: 91 с.

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань із 10 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 92 с. основного тексту, 18 рисунків, 7 таблиць і 4 додатків.

В основу модернізації накату, поставлено задачу створення механізму, який дозволить намотувати рулон діаметром 3 м, а також покращити щільність намотування.

Поставлена задача досягається шляхом встановлення механізму притискання на рухомому каретку, яка переміщується по направляючим, закріпленим до станини, за допомогою привідної системи. Виконано розрахунки на міцність та жорсткість основних вузлів та деталей конструкції. Наведено список використаної літератури

Розрахунково-пояснювальна записка містить схему і опис конструкції накату картоноробної машини для намотування картону. Графічна частина проекту включає чотири креслення формату А1, що містять: складальне креслення накату, циліндра накату, тамбурного валу та креслення складальних одиниць та деталей.

НАКАТ, НАМОТУВАННЯ ПОЛОТНА, ПАПІР, КАРТОН, РУЛОН

## The abstract

UDC 676.058.1

Modernization of roll of cardboard machine: Diploma project of educational qualification level "Bachelor" / National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”; Scientific supervisor: V.M. Marchevky.– K., 2019. – 86 p.: Developer – V. Nikolaiev. – References: 85 p.

The explanatory note consists of introduction, 8 chapters, a conclusion, a reference list of 10 items. The total volume is 86 pages of the main text., 18 figures, 7 tables and 4 appendices.

The aim of the project is to design a roll winding mechanism of cardboard machine which allows to wrap cardboard into a roll with 3 m in diameter and improve the density of winding.

The aim is achieved by installing a reel control mechanism on a movable carriage, which moves along the guide, fixed to the frame, using the drive system. Calculations are made on the strength and stiffness of the main units and structural parts. There is a list of the bibliography.

The explanatory and calculation note contains a description of the design of the roll winding mechanism of a cardboard machine for wrapping cardboard into roll. The graphic part of the project includes four drawings of A1 format, which include: drawing of rolling, roller cylinder, tent shaft and drawings of assembly units and parts.

ROLL WINDING MACHINE, WRAPPING OF CANVAS, PAPER, CARDBOARD, ROLL



## Реферат

УДК 676.058.1

Модернизация наката картоноделательной машины для наматывания картона в рулоны: Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня «Бакалавр» КПИ им. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»; Руководитель В. М. Марчевский. – К., 2019. – 92 с.: ил. Исполнитель. – В.О. Николаев. – Библиогр.: 91 с.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 разделов, выводов, списка ссылок из 10 наименований. Общий объем работы составляет 92 с. Основного текста, 18 рисунков, 7 таблиц и 4 приложений.

Целью проекта является проектирование и разработка конструкции механизма, который позволит наматывать рулон диаметром 3 м, ф также улучшить плотность наматывания.

Поставленная задача решается путем установки механизма прижимания на подвижную каретку, которая перемещается по направляющим, закрепленным на станине, с помощью системы привода. Выполнены расчеты на крепость и жесткость основных узлов и деталей конструкции. Приведен список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка содержит описание конструкции наката для наматывания картона. Графическая часть проекта включает четыре чертежа формата А1, содержащие: сборочный чертеж наката, цилиндр наката, тамбурный вал и чертеж сборочных единиц и деталей.

НАКАТ, НАМАТЫВАНИЕ ПОЛОТНА, БУМАГА, КАРТОН, РУЛОН

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**  
**на здобуття ступеня бакалавра**

**за напрямом підготовки:** 13 – Машинобудування

**спеціальність:** 133 – Галузеве машинобудування

**спеціалізація:** Обладнання лісового комплексу

**на тему:** Модернізація накату картоноробної машини. Комплексний

## Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	12
Вступ.....	13
1 Призначення та область використання накату.....	14
1.1 Опис технологічного процесу .....	14
1.2 Вибір типу накату та його місце в технологічній схемі КРМ .....	17
2 Технічна характеристика .....	18
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції накату.....	19
3.1 Опис конструкції, основних складових одиниць та деталей накату .....	19
3.2 Вибір матеріалів .....	20
3.3 Порівняння основних показників вибраної конструкції з аналогами .....	21
3.4 Патентне дослідження .....	22
4 Охорона праці .....	28
4.1 Повітря робочої зони.....	28
4.2 Боротьба з шумом.....	29
4.3 Пожежна безпека .....	30
4.4 Електробезпека .....	32
4.5 Освітлення на робочих місцях .....	33
4.6 Віброзахист .....	33
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції накату.....	35
5.1 Розрахунок часу намотування полотна.....	35
5.2 Розрахунок сили притискання рулону до поверхні циліндра накату .....	36
5.3 Розрахунок тамбурного валу.....	38
5.3.1 Розрахунок зусилля, що діє на тамбурний вал.....	38
5.3.2 Розрахунок на міцність труби і цапф тамбурного валу .....	39
5.3.3 Розрахунок на жорсткість тамбурного валу і критичне число обертів .....	41

					ЛБ51.705541.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.	Ніколаєв				Модернізація накату картоноробної машини. Комплексний Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркуш
Перев.	Марчевський						10	92
Н.Контр.						“КП” ім.Ігоря Сікорського, ІХФ, каф. МАХНВ		
Затв.								

5.3.4 Розрахунок підшипників тамбурного валу.....	43
5.4 Розрахунок елементів циліндра накату.....	46
5.4.1 Силкові фактори.....	46
5.4.2 Розрахунок кришки циліндра.....	47
5.4.3 Розрахунок на міцність оболонки та цапф циліндру накату .....	49
5.4.4 Розрахунок циліндра накату на жорсткість і критичне число обертів .....	53
5.4.5 Розрахунок болтів кріплення кришок .....	55
5.4.6 Розрахунок і вибір підшипників циліндра накату .....	59
5.5 Потужність приводу циліндра накату.....	57
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації накату.....	61
7 Рівень стандартизації та уніфікації .....	64
8 Техніко– економічне обґрунтування модернізації .....	65
8.1 Обґрунтування необхідності модернізації .....	65
8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по вдосконаленню накату КРМ .....	66
Висновок .....	71
Вывод.....	72
Conclusion.....	73
Перелік посилань.....	74
Додаток А.....	76
Додаток Б.....	82
Додаток В .....	91
Додаток Г .....	92

## Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

### Умовні скорочення:

КРМ - картоноробна машина;

ПРВ – паперорізальний верстат;

ККД - коефіцієнт корисної дії.

### Умовні позначення:

$B$  – ширина полотна, м;

$V$  – швидкість, м/с;

$D, d$  – діаметри, м;

$m$  – маса, кг;

$N$  – потужність, Вт;

$n$  – частота обертання, 1/с;

$A$  – відстань між підшипниками, м;

$\tau$  – час, с;

$S$  – сухість полотна, %;

$I$  – момент інерції, м<sup>4</sup>;

$W$  – момент опору, м<sup>3</sup>;

$M$  – момент згинальний, Н·м;

$\sigma$  – напруження при згині, Па;

$E$  – модуль пружності матеріалу, Па;

$\rho$  – густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Основними напрямками розвитку галузі виробництва целюлозно-паперової продукції є збільшення продуктивності та зменшення енергетичних витрат обладнання ЦПВ. Тому модернізація накату картоноробної машини є актуальною

Намотування картону в рулони проводиться на накаті, який встановлений в кінці картоноробної машини. Хороша якість і рівномірна щільність намотки дозволяє запобігти окислення та пошкодження полотна при транспортуванні.

Для вирішення задач модернізації необхідно:

- проаналізувати існуючі конструкції та обрати найкращі складові частини які задовольняють всім вимогам сучасної промисловості;
- визначити основні параметри та характеристики проектованої машини;
- провести всі необхідні розрахунки для перевірки надійності та працездатності спроектованих конструкцій;
- проведення всіх необхідних розрахунків для перевірки вимог виконання охорони праці, заземлення та освітлення приміщень, тощо.

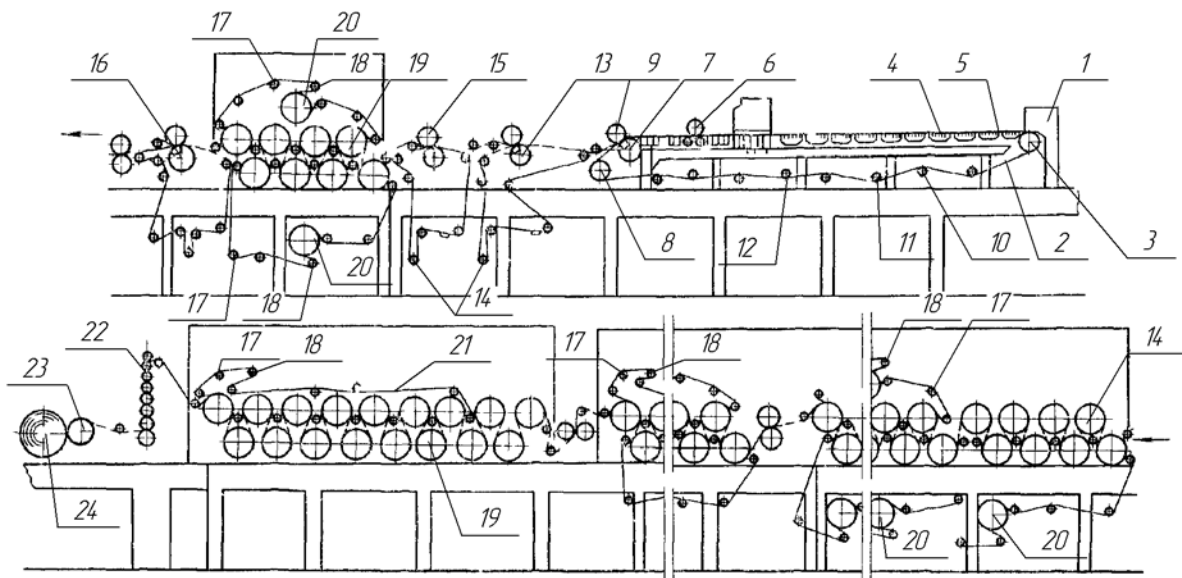
Індивідуальне завдання з було видане 15.04.2019 р. під час проходження переддипломної практики на підприємстві ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат» в м. Обухів.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Призначення та область застосування накату

## 1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема установки для одержання картону зображена на рисунку 1.1



1 – напірний ящик; 2 – сітка; 3 – грудний вал; 4 – гідропланка;  
5 – відсмоктуючий ящик; 6 – рівняльний вал; 7 – гауч-вал; 8 – головний вал;  
9 – пересмоктуючий пристрій; 10 – сітководучий вал; 11 – сіткоправка;  
12 – сітконатяжка; 13 – відсмоктуючий вал; 14 – сукнонатяжка; 15 – другий прес;  
16 – третій прес; 17 – сукно правка; 18 – сукнонатяжка; 19 – сушильний циліндр;  
20 – сукносушильний циліндр; 21 – сукно; 22 – каландр; 23 – циліндр накату;  
24 – рулон, який намотується

Рисунок 1.1 – Схема картоноробної машини

Перед тим як картонне полотно потрапить на накат де його намотають в рулон потрапити, картонна маса проходить крізь сіткову, пресову, сушильну та каландрувальну частини картоноробної машини.

Готова картонна маса потрапляє в напірний ящик, звідки через напускну щілину виходить по всій ширині машини на швидко-рухаючу нескінченну

металеву сітк. На сітковій частині машини відбувається відлив і формування картонного полотна, що пов'язано з видаленням із картонної маси основної кількості води. За рахунок встановлення декількох формуючих пристроїв відлив і формування здійснюється у декілька шарів, які прилягають один до одного. Це дає змогу виготовляти картон із маси декількох різних видів. Сітка виконує функцію фільтра. На сітковій частині картонна маса зневоднюється до концентрації 8 – 12%. Найбільше зневоднення відбувається на відсмоктуючих ящиках під дією послідовно зростаючого по ходу картонного полотна вакууму. Потім картонне полотно переходить на гауч. Сухість картонного полотна після гауча складає 18 – 22%.

Після сіткової частини картонне полотно переходить на пресову частину, яка звичайно складається з двох – трьох пресів, на яких воно послідовно зневоднюється до сухості 27 – 40%.

Сіткову і пресову частини машини називають мокрою частиною КРМ. Із загальної кількості води, яка видаляється з картонного полотна на машині, на сітковій частині приходить 94 – 96%, на пресовій частині 3 – 4%. Подальше зневоднення(сушка) картонного полотна відбувається на сушильній частині машини.

Сушильна частина складається з тонкостінних чавунних сушильних циліндрів, що обігріваються зсередини парою. Вони розташовані в шаховому порядку, зазвичай в два яруси. По сушильним циліндрам проходить картонне полотно по черзі дотикаючись до нижніх і верхніх циліндрів то одною, то іншою своєю поверхнею. Сухість картонного полотна після сушильної частини складає 92 – 95%, а температура 80 – 95°C.

Для охолодження картону до 50 – 55°C і поверхневого зволоження з метою надання картону хорошої пластичності і покращення процесу каландрування в кінці сушильної частини встановлюються холодильні циліндри.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



На холодильному циліндрі паперове полотно не тільки охолоджується з 80 – 90 °С до 50-45 °С, а також і зволожується за рахунок осадження вологи, що конденсується на стінках холодильного циліндру з навколишнього середовища повітря, через те що температура повітря в приміщенні виробництва вище температури зовнішньої поверхні циліндру холодильного. Після проходження холодильної частини вологість картонного полотна зростає на 1-3%, що робить картон більш пластичним .

Далі картонне полотно пропускають через каландр, який призначений для ущільнення картону і підвищення його гладкості і лоску. Каландр складається з 3 – 10 ретельно відшліфованих чавунних валів, які знаходяться один над одним. Картонне полотно огинає по черзі вали каландра і проходить між ними при тиску, який збільшується.

З каландра картонне полотно надходить на накат периферичного типу. Заправка картонного полотна здійснюється за допомогою пристрою автоматичної перезаправки, який автоматично розрізає та подає полотно на новий тамбур.

Намотування картонного полотна здійснюється на тамбурний вал з метою формування рулону, який далі прямує на крейдування або різання. Максимальний діаметр намотуваного тамбура 2200 мм. Тамбурний вал діаметром 420 мм виготовлений із сталевий труби з запресованими в неї чавунними патронами і сталевими цапфами. Циліндрична поверхня вала шліфована.

Тамбурний вал з рулоном обертається за рахунок притискання до циліндра (барабана) накату, який обертається з постійною окружною і кутовою швидкістю. По мірі збільшення діаметра рулону швидкість його уповільнюється, але його окружна швидкість залишається постійною, рівною швидкості барабана.

Тамбурний вал встановлюється в первинні важелі, якими він перекладається з початкового положення на вторинні важелі. До важелів кріпляться гідроциліндри, що притискають тамбурний вал до циліндра накату.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час намотування рулону контролюються натягування полотна і притискання до барабана. Рулон картону, намотаний до заданого діаметра, відводиться вторинними важелями по направляючих для переміщення рулону. Картонне полотно автоматично заправляється на новий тамбурний вал, а рулон, який досяг заданого діаметра, зупиняється гальмівним пристроєм. Ця послідовність дає можливість здійснювати безперервне намотування картону.

Після накату картон направляють на повздовжньо-різальний верстат, де його розрізають на рулони заданих розмірів або на картонорізальну машину – саморізку, де картон розрізається на листи. Рулони картону після повздовжньої різки упаковують на рулонопакувальній машині.

## 1.2 Вибір типу накату та його місце в технологічній схемі КРМ

Для намотування картону в рулон діаметром більше 3 м, підвищення щільності намотки, зменшення металоємкості конструкції, було прийнято рішення розробити нову конструкцію циліндру накату діаметром 0,8 м і покрити його оболонку шаром гуми, товщиною 0.025 м.

Гумове покриття збільшує дотичні зусилля притискання рулона до циліндра і зменшує навантаження на привід.

Модернізовано систему притискання. Встановлено замість вторинних заправних важелів – каретку з притискним пристроєм, яка пересуває тамбурний вал по направляючих, встановлених на станині, в будь-яку їх точку.

Для покращення рівномірності притискання рулона до циліндра накату, система переміщення каретки з притискним пристроєм, являє собою гвинтову пару.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Технічна характеристика

Технічна характеристика циліндра накату наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - технічна характеристика циліндра накату

Параметри	Розмірність	Значення
Ширина паперу	м (мм)	4,25 (4250)
Швидкість намотування	м/с (м/хв)	9,5 (570)
Діаметр циліндра накату	м (мм)	0,8 (800)
Діаметр тамбурного валу	м (мм)	0,56 (560)
Максимальний діаметр намотуваного рулону	м (мм)	3 (3000)
Притискання рулону до циліндра накату		пневматичний
Відвід рулону від циліндра накату		пневматичний
Управління притискання і відводом рулону		з пультом управління автоматичним або дистанційним
Потужність приводу циліндра накату	кВт	100
Довжина циліндра накату	м (мм)	4,7 (4700)
Відстань між підшипниками циліндра накату	м (мм)	5,6 (5600)
Ширина накату	м	8,5
Довжина накату	м	7,8
Висота накату	м	3,2

### 3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції накату

#### 3.1 Опис конструкції, основних складових одиниць та деталей накату

Після каландрування картонне полотно надходить на накат.

Намотування картонного полотна здійснюється на тамбурний вал з метою формування рулону, який далі прямує на крейдування або різання. Максимальний діаметр намотуваного тамбура 3000 мм. Тамбурний вал діаметром 560 мм виготовлений із сталевий труби з запресованими в неї чавунними патронами і сталевими цапфами.

Тамбурний вал з рулоном обертається за рахунок притискання до циліндра накату, який обертається з постійною окружною і кутовою швидкістю. По мірі збільшення діаметра рулону швидкість його уповільнюється, але його окружна швидкість залишається постійною, рівною швидкості циліндра.

Тамбурний вал встановлюється в первинні важелі, якими він перекладається з початкового положення на каретку з притисним важелем.

Під час намотування рулону контролюються натягування полотна і притискання до циліндра. Рулон картону, намотаний до заданого діаметра, відводиться кареткою з механізмом притискання по направляючих встановлених на станині.

Картонне полотно автоматично заправляється на новий тамбурний вал, а рулон, який досяг заданого діаметра, зупиняється гальмівним пристроєм. Ця послідовність дає можливість здійснювати безперервне намотування картону. Заправка і перезаправка картонного полотна здійснюється за допомогою пристрою автоматичної перезаправки.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2 Вибір матеріалів

Кришки та оболонка циліндра накату повинні мати гарний запас міцності щоб протидіяти згинаючим моментам, виникаючим під час роботи, через це для виготовлення їх було вирішено обрати сірий чавун СЧ35 ГОСТ 1418-25; цапфи виконано з сталі СТ 40 ГОСТ 5632-72, вона повністю задовольняє умовам проведеним в розрахунках.

Лезо шабера виготовляється з фосфористої бронзи виготовленої методом прокату, вона забезпечує необхідну твердість ( 150-170 НВ) і високу теплопровідність.

Оболонка циліндра покрита шаром гуми, це дозволяє збільшити дотичні напруження, без підвищення потужності привода.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3 Порівняння основних показників вибраної конструкції з аналогами

За аналоги було обрано:

Аналог 1 – новий накат компанії “Mestro”;

Аналог 2 – накат на Київському «Картонно–паперовому комбінаті»

Результати порівняння наведені в таблиці 3.3

Таблиця 3.1 – Зіставлення основних показників розробленої конструкції з аналогами

Накат	Показники				
	Потужність приводу циліндра накату, кВт	Швидкість машини по приводу, м/хв	Максимальний діаметр намотаного рулону, мм	Діаметр тамбурних валів, мм	Діаметр циліндру накату, мм
Розроблений	110	570	3000	560	800
Аналог 1	130	500	2800	560	920
Аналог 2	150	450	2300	420	1100

### 3.4 Патентне дослідження

Для виконання поставленої в дипломному проекті задачі необхідно розробити нову конструкцію накату картоноробної машини.

Предмет пошуку – 1) накат папероробної машини; 2) пристрій для намотування рулонів; 3) спосіб і пристрій для намотування рулонів; 4) спосіб і пристрій для намотування і транспортування рулонів; 5) шабер паперо- і картоноробної машини.

Об'єктом пошуку є винаходи й корисні моделі.

Мета пошуку інформації – визначення патентно ситуації щодо периферичного накату картоноробної машини та визначення патентоздатності спроектованої машини й тенденцій розвитку даного напрямку в техніці.

Усі відомості про патенти та джерела пошуку наведені у додатку В.

У патенті України [1] авторами розроблено периферичний накат папероробної машини (рисунок 3.1), що містить циліндр накату і тамбурний вал, який відрізняється тим, що поверхня циліндра накату вкрита тонким шаром матеріалу з високим коефіцієнтом тертя.

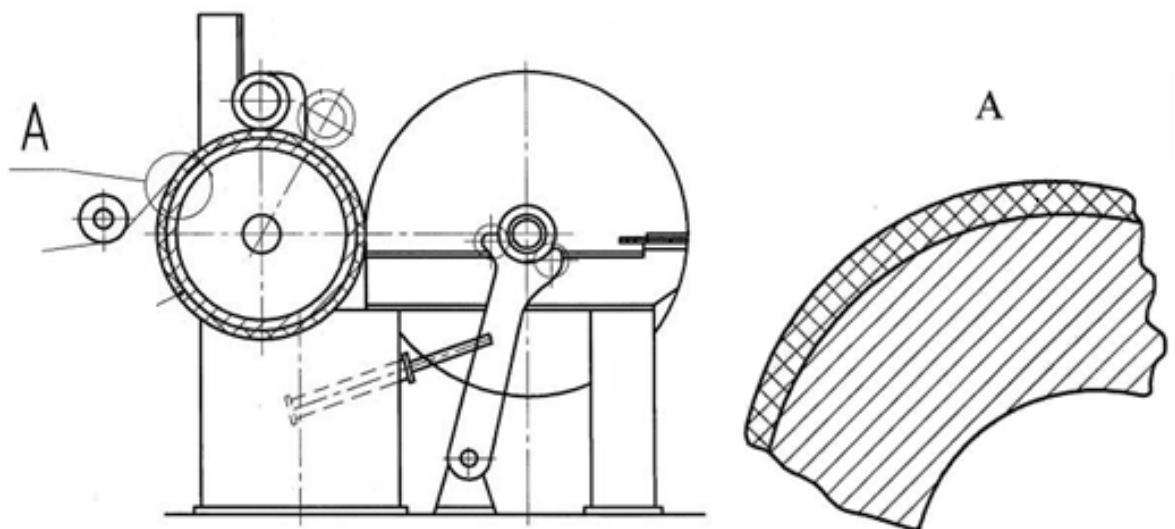


Рисунок 3.1 – Схема периферичного накату

Перевагою конструкції є те, що накат папероробної машини забезпечує збільшення зчеплення поверхні циліндра накату з паперовим полотном.

Недоліком конструкції є пониження провідності стін циліндра, яке впливає на охолодження паперового полотна.

У патенті США [2] авторами розроблено периферичний накат папероробної машини (рисунок 3.2), що містить циліндр накату і тамбурний вал, який відрізняється тим, що циліндр накату додатково містить жорсткий внутрішній корпус, приєднаний до осі концентрично всередині зовнішньої оболонки; відхилення датчик додатково містить джерело лазерного світла для направлення лазерного променя на внутрішню поверхню зазначеної зовнішньої поверхні і приймач для прийому лазерного світла, відбитого від намотаного рулону; зовнішня оболонка утворює щонайменше частину герметичній кільцевої порожнини навколо вказаної осі, який може знаходитися під тиском текучого середовища; вимірювання діаметру намотаного рулону містить наступні етапи: напрямком лазерного променя на поверхню зовнішньої оболонки протилежний рулону, приймаючий відбивання лазерного променя від зовнішньої поверхні паперового полотна і обчислює відхилення зовнішньої поверхні відносно базового значення.

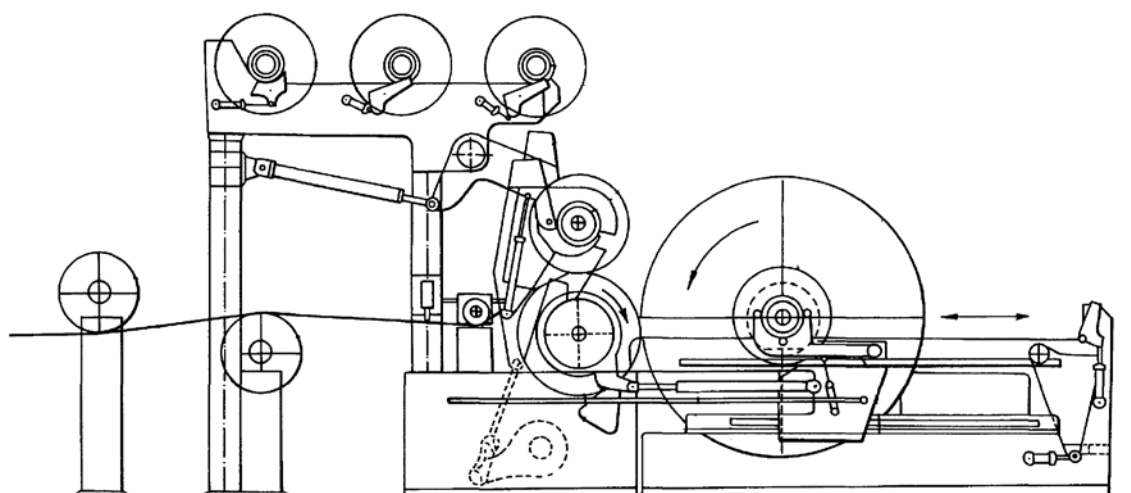


Рисунок 3.2 – Схема периферичного накату



Перевагою конструкції є те, що накат папероробної машини спрощує конструкцію циліндра намоту; спрощує спосіб подачі води в циліндр; містить датчики, які вимірюють діаметр намотаного рулону.

Недоліком даного патенту є те що тут якість намотування паперового полотна не контролюється.

У патенті США [3] авторами розроблено периферичний накат папероробної машини (рисунок 3.3), що містить циліндр намоту і тамбурний вал, відрізняється тим що за допомогою датчика відстані рулону в каретці та системи контролю регулюється тиск у пневмоциліндрі; спрощена конструкція каретки.

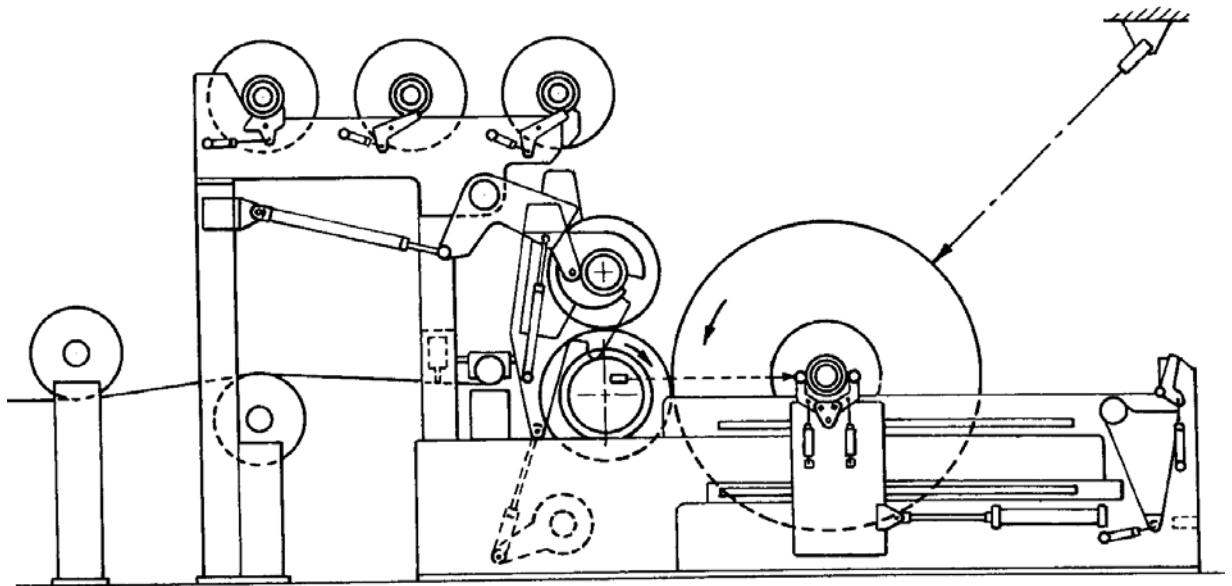


Рисунок 3.3 – Схема периферичного намоту

Перевагою конструкції є те, що накат папероробної машини має систему контролю якості намотування паперового полотна.

Недоліком є те, що регулювання здійснює система контролю, таке розміщення пневмоциліндра сприяє заклинюванню каретки так як виникає момент.

У патенті США [4] авторами розроблено периферичний накат папероробної машини (рисунок 3.4), дозволяє оператору контролювати рівні між

тамбурним валом і циліндром накату дуже точно, також механізм притискання рулону до циліндра гідравлічний.

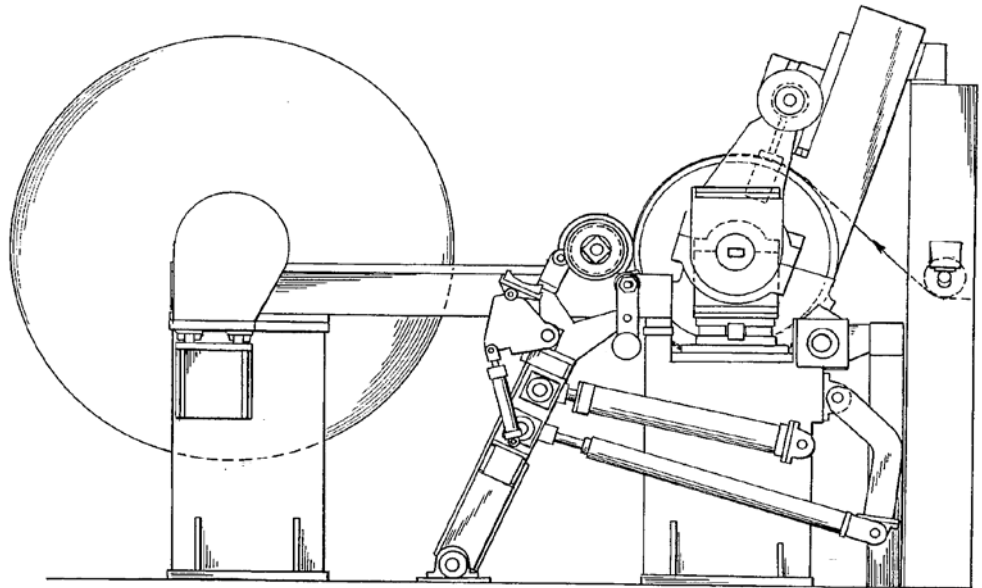


Рисунок 3.4 – Схема периферичного накату

Перевагою цієї конструкції є те механізм притискання тамбурного валу до циліндру накату.

Недолік конструкції це гідравлічний механізм притискання. Для неї будується гідростанція на яку потрібно кошти. Це впливає на економічні витрати.

У патенті США [5] авторами розроблено периферичний накат папероробної машини (рисунок 3.5), який має пристрій для контролю заправки полотна на тамбурний вал та переміщення його до циліндра накату.

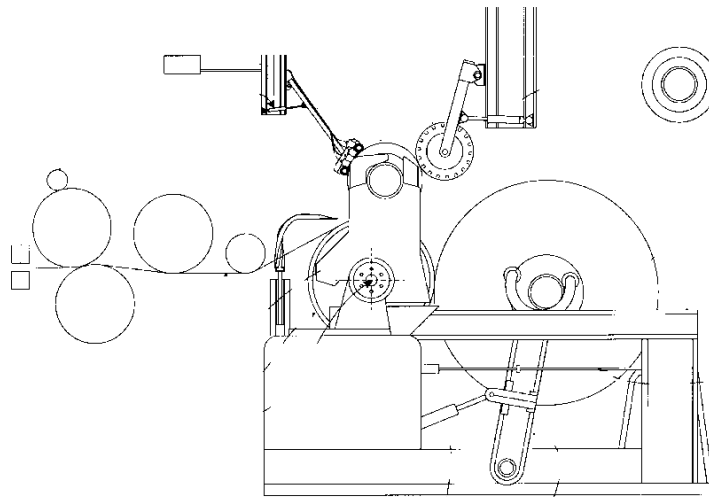


Рисунок 3.5 – Схема периферичного намоту

Перевага цієї конструкції полягає в тому, що пристрій містить датчики для виявлення полотна на тамбурному валу, швидкості та визначення кількості витків у рулоні.

Недоліком конструкції є те, що встановлення додаткових датчиків ускладнює схему автоматизації, збільшуючи вартість конструкції, не даючи важливих даних для роботи механізму.

У патенті США [6] авторами розроблено периферичний накат папероробної машини (рисунок 3.6), який усуває або зводить до мінімуму небажані і шкідливі аспекти пов'язані з недостатнім натягом полотна на ранній стадії намотування.

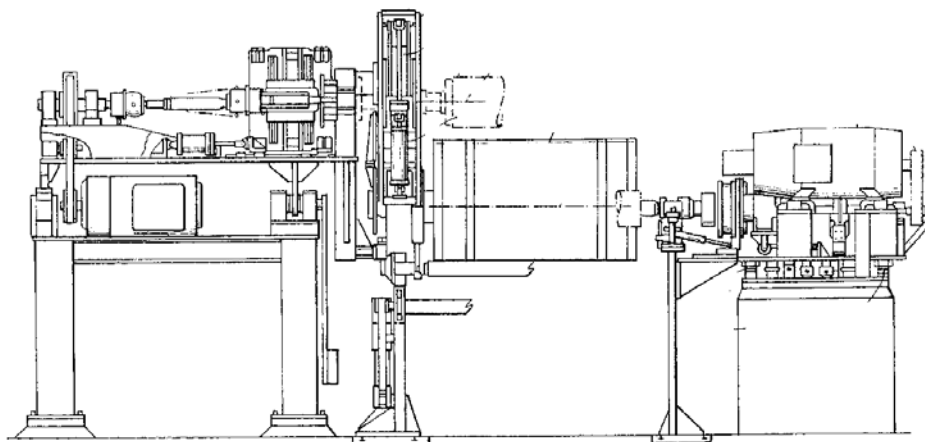


Рисунок 3.6 – Схема периферичного намоту

Перевагою такої конструкції є те, що вона має гнучкий апарат зв'язку, який передає крутний момент тамбурному валу при наближенні його до циліндра накату.

Недоліком конструкції є те, що дуже ускладнена конструкція накату, а відповідно і вартість. Розташування приводу для тамбурного валу та циліндра накату з іншої сторони машини ускладнює доступ до інших частин машини і їх ремонт.

За результатами проведених патентних досліджень було визначено:

1) отримано патент на корисну модель накату патентоспроможний тому, що:

- розроблений має просту конструкцію та простий у виготовленні;
- збільшено радіус намотаного рулона, підвищено щільність намотки, завдяки впровадженню нового механізму притискання.

2) передові місця у розвитку галузі паперового і картонного виробництва є такі країни як: Великобританія, США, Росія.

3) на основі проведеного аналізу патентів можна зробити висновок, що для намотування картонного чи паперового полотна за допомогою накату головні розробки направлені на патентування способів інтенсифікації процесу притискання та переміщення намотаних рулонів.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 Охорона праці

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їхньої праці, забезпечення нешкідливих умов для праці – одне зі значущих завдань для держави. Вдале вирішення поточного завдання неабиякою мірою залежить від необхідної підготовки фахівців всіх освітньо-кваліфікаційних ступенів з питань охорони праці.

Робоче місце оператора знаходиться в кімнаті розташованій поруч з лінією виробництва, площа та об'єм якої становить  $S=16\text{м}^2$   $V=48\text{ м}^3$  відповідно. На робочому місці оператора будуть наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- електронебезпека;
- промислове освітлення;
- механічна небезпека;
- повітря робочої зони;
- пожежна небезпека.

### 4.1 Повітря робочої зони

Робота операторів на картоноробній машині до складу якої входить накат для намотування паперового полотна, відноситься до важкої фізичної роботи через те, що установка розташована в умовах шуму, пилу, робота проводиться в 2 зміни, цілодобово, у будь-який час року. Енерговитрати за таких умов праці складають більш 173 Дж/с. У зв'язку з цим передбачено можливість відпочинку персоналу в закритому приміщенні.

Параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні для даної категорії робіт наведено у таблиці 4.1.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 - Параметри мікроклімату в робочій зоні.

Сезон року	Категорія робіт – 1б					
	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптим	Фактич	Оптим	Фактич	Оптим	Фактич
холодний	19–25	19–20	Не більше 75	40–65	Не більше 0,2	0,2
Теплий	19–25	20– 25	Не більше 75	40–70	Не більше 0,2	0,2

Параметри повітря робочої зони відповідають ГОСТ 12.1.005–88. Забезпечення параметрів здійснюється в зимовий час за допомогою водяного опалення з температурою теплоносія 70–90 °C, а в теплий час року – приточно - витяжною вентиляцією ДСН 3.3.6.042–99.

## 4.2 Боротьба з шумом

Накат КРМ змонтовано в приміщенні закритого типу, а через наявність обертових частин конструкції машина створює шум під час роботи. Рівень шуму в цеху 92 дБА

Згідно встановлених норм рівень шуму машини і холодильної частини не повинен виходити за межі L=80 дБА.

Задля запобігання шкідливого впливу на організм персоналу проводимо такі заходи:

- встановлюємо звукоізолюючі кабінки, в який персонал буде мати можливість вести спостереження за роботою машини та контролювати її

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дистанційно на спеціальних пультах. Стіни кабіни облицьовуємо шумопоглинаючими плитами. Вікна в які можна стежити за роботою – двокамерні з повітряними зазорами між листами скла. В запропонованій кабіні рівень шуму не перевищує 70 дБА і нижче, отже вимоги ДСН 3.3.6.037-99 виконуються.

- персонал який працює безпосередньо в цеху і займається обслуговуванням машини, укомплектовуємо навушниками ПШН-Б які знижують рівень шуму до 30 дБА, або протишумовими берушами “ЗМ 1271”, які знижують рівень шуму на 25 дБА.

#### 4.3 Пожежна безпека

Картонне полотно, яке надходить на накат має досить високу температуру, окрім цього картон має здатність samozapalюватися при температурах вищих за  $t=380^{\circ}\text{C}$ .

1) Пожежна характеристика приміщення:

- категорія В;
- клас зони П-П.

2) Пожежна характеристика матеріалу:

- температура самозаймання паперу  $T=100^{\circ}\text{C}$ .

3) На установці використовується сировина у вигляді волокон, вони легко займисті.

Застосування пальних речовин у цеху обмежено.

4) Вогнестійкість будівлі за СНиП 2.01.02-85 відповідає категорії II.

5) Серед причин, що можуть призвести до загорання, відзначимо найімовірніші:

- несправність електроживлення;
- струми короткого замикання і перевантаження кабелів живлення;
- використання відкритого вогню в неналежному місці;

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосування легкозаймистих речовин, їхнє зберігання поблизу установки.

Запобігання заpalенням забезпечується такими заходами:

- якщо виникла пожежа треба , не зволікаючи, відключити живлення вентиляції (як приточної, так і витяжної), перевести машину на мінімальну швидкість, але не зупиняти. Зупинку машини можна виконати лише по особливому розпорядженню . В місцях скупчення сухого картонного браку потрібно встановити сплінкерну систему яка автоматично вмикається при підвищенні температури вище встановленої в середині цеху, або порошкові вогнегасники “САМ-9” (захищаєма площа  $S=12 \text{ м}^2$ ) які діють за принципом теплового замка;

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- догляд за територією відповідно до вимог пожежної безпеки;
- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- паління у спеціальних місцях;
- своєчасне проведення інструкцій серед обслуговуючого персоналу
- організація наочної агітації з техніки безпеки;
- вчасна перевірка устаткування, особливо електричного;
- дотримання вимоги на засоби пожежогасіння;
- наявність пожежної сигналізації (датчик КІ-1, приймальна станція РУОП-1).

Для гасіння невеликих вогнищ заpalень при вимкненому електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 та пінні ОХП-10.

Для гасіння ввімкнених електромереж застосовують порошкові вогнегасники з речовинами ОПС-10 і ОППС-100.

У цеху на відстані 30 м один від одного встановлені пожежні гідранти з рукавами по 10 м.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Відстані до пожежних евакуиходів – 35 м, кількість виходів – 3.

Ширина прорізу для дверей евакуиходів – 2,5 м згідно з СНиП 2.09.02-85.

#### 4.4 Електробезпека

Відповідно до правил устрою електроустановок (ПУЕ) накат картоноробної машини належить до II класу. Живлення електродвигунів та електроніки розроблюваної конструкції виконується трифазною мережою. Згідно з ПУЕ для роботи машини використовується струм  $U = 220/380$  В, частота  $f = 50$  Гц з ізольованою електронеутраллю.

Щоб запобігти ураженню струмом обслуговуючого персоналу передбачаються наступні заходи:

- вкласти кабелі в “рукави”;
- всі елементи які можуть проводити струм надійно за ізолювати;
- місця прокладки електромережі захистити сітчастими огорожами;
- місця з підвищеним шансом отримання ураження електричним струмом позначити попереджувальними сигналами та знаками( знаки високої напруги, фарбування різних частин електрообладнання в різні кольори);
- обслуговуючий персонал укомплектувати індивідуальними засобами захисту (діелектричні чоботи, рукавиці, коврики, тестери, індикатори струму та напруги)
- для запобігання ураженню струмом в аварійному режимі використовуємо захисне заземлення  $R_z = 3,2$  Ом ГОСТ 12. 1. 030 – 82.
- обслуговуючому персоналу видаємо засоби захисту (діелектричні ковбики, рукавички, індикатори струму та напруги);

Проведені заходи значно знижують ризики травмування внаслідок ураження електричним струмом, згідно.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також встановлено огорожу для забезпечення безпеки. Робочі площадки машини включають огорожі висотою 1,2 – 1,5 м з відбійною полозою заввишки 1,5 м, що відповідають встановленим вимогам.

#### 4.5 Освітлення на робочих місцях

Приміщення, в якому встановлено накат, належить до приміщень закритого типу. В робочому приміщенні штучне освітлення.

Щоб в данному приміщенні було гарне освітлення встановимо світильники з LED лампами для економії електроенергії в кількості 20 штук: лампи OSRAM E27 (напруга живлення – 220-240 В, колір свічення – 6500 К, термін служби – 30000 годин, клас енергоефективності – А+, освітленість-

$E_{\text{факт}} = 300$  лк). Обрана кількість світильників повністю відповідає поставленим вимогам [17].

#### 4.6 Віброзахист

Основними джерелами вібрації в приміщенні є обертові частини накату КРМ. Такими частинами вважається тамбурний вал, циліндр накату, електродвигуни, приводні вали.

Фактичний рівень шуму  $f=4$  Гц

Через виникнення сил які не врівноважені між собою котрі передаються на будівельні конструкції виникає вібрація.

Головною причиною виникнення шуму в сусідніх приміщеннях є вібрація будівельних конструкцій. З цієї причини виникає необхідність прийняття різних мір і заходів для зменшення сили вібрацій побудови та забезпечення дозволеного нормами рівня вібрації в робочих будівлях.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимально ефективним та технічно раціональним способом послаблення вібрації будівельних конструкцій є зменшення неврівноважених сил, тобто динамічних навантажень, які створює циліндр накату який знаходиться на накаті.

Для запобігання вище сказаного були виконані такі роботи:

- застосування методу динамічного балансування валів ;
- муфтові з'єднання центрувати з електродвигуном;
- точне встановлення підшипників з мінімізацією перекосів;
- рознімні частини надійно закріпити між собою (кришок підшипників).

Наведені вище заходи дозволили значно зменшити вібрацію рухомих частин до рівня, що відповідає вимогам

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Розрахунки що підтверджують працездатність та надійність конструкції накату

### 5.1 Розрахунок часу намотування полотна

Метою розрахунку: визначити час намотування на тамбурний вал та довжину намотаного паперу

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.1.

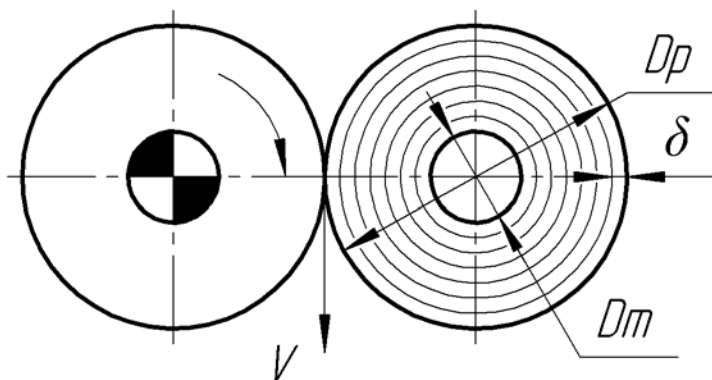


Рисунок 5.1 – Схема намотування картону

Вихідні данні до розрахунку:

швидкість машини $V$ , м/с (м/хв)	9,5(570);
товщина картону $\delta$ , м	0,0003;
діаметр рулону $D_p$ , м	3;
діаметр тамбурного вала $d_r$ , м	0,56.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [2].

Час намотування на тамбурний вал буде:

$$\tau = \frac{\pi(D_p^2 - d_r^2)}{4 \cdot \delta \cdot V} = \frac{3,14 \cdot (3^2 - 0,56^2)}{4 \cdot 0,0003 \cdot 9,5} = 2392 \text{ с} = 40 \text{ хв.}$$

Довжину намотаного полотна:

$$L = V \cdot \tau = 9,5 \cdot 2392 = 22729 \text{ м}$$

Висновок: за наведеними розрахунками було визначено час намотування паперу на тамбурний вал 2392 с та довжину намотаного паперу 22792 м.

## 5.2 Розрахунок сили притискання рулону до поверхні циліндра накату

Мета розрахунку: визначити зусилля притискання рулону.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.2.

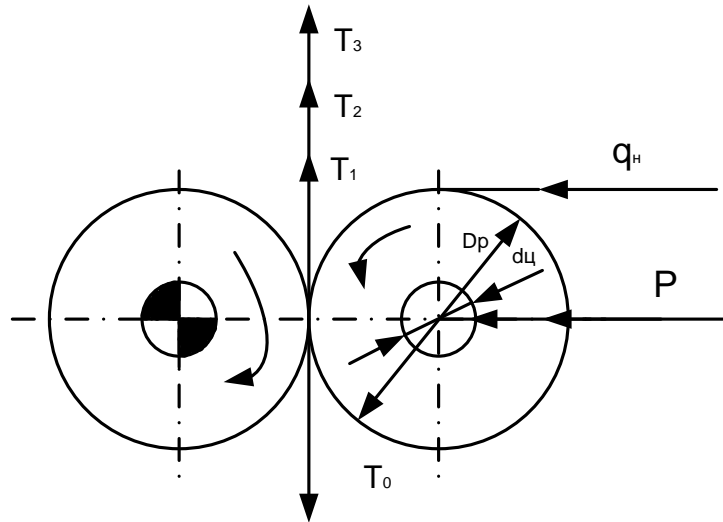


Рисунок 5.2 – Схема притискання рулону

Вихідні данні до розрахунку:

швидкість машини  $V$ , м/с(м/хв) 9,5(570);

ширина полотна  $B$ , м 4,25;

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [8].

Рівновага сил в точці дотику:

$$T_0 = T_1 + T_2 + T_3$$

$T_1$  – тягове зусилля на подолання натягу картонного полотна, Н;

$$T_1 = q_n \cdot B$$

де  $q_n$  – питоме натяжіння полотна,  $q_n = 600$  Н/м [4].

$T_2$  – тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках тамбурного валу, Н;

$$T_2 = (G_p + G_T) \cdot f_{\Pi} \frac{d_{\Pi}}{D_p} + P f_{\Pi} \frac{d_{\Pi}}{D_p}$$

де  $G_T$  – сила тяжіння тамбурного валу.

$$G_T = M \cdot g = 3000 \cdot 9,81 = 29430 \text{ Н},$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ51.705541.001 ПЗ

Арк.

36

де  $M$  – маса тамбурного валу,  $M = 3000$  кг;

$G_p$  – сила тяжіння рулону.

$$G_p = \frac{\pi}{4} (D_p^2 - d_T^2) B \rho_p g = \frac{3,14}{4} (3^2 - 0,56^2) \cdot 4,25 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 284293 \text{ Н},$$

де  $\rho_p$  – густина картону и рулону відповідно,  $\rho_p = 1000$  кг/м<sup>3</sup>;[4];

$d_T$  – діаметр тамбурного валу,  $d_T = 0,56$  м;

$D_p$  – діаметр рулону,  $D_p = 3$  м;

$d_{\text{ц}}$  – діаметр цапфи тамбура,  $d_{\text{ц}} = 0,24$  м;

$f_{\text{п}}$  – коефіцієнт тертя підшипників тамбурного валу  $f_{\text{п}} = 0,06$ .

$T_3$  – тягове зусилля на подолання сили тертя кочення рулону по циліндру накату знаходимо з рівняння моментів:

$$T_3 = \frac{K_1}{D_p} P$$

Сумарне тягове зусилля на подолання всіх основних опорів:

$$T_0 = P \cdot f_p$$

$P$  – зусилля притискання рулону до циліндра:

$$P \cdot f_p = q_H B + (G_p + G_T) f_n \cdot \frac{d_{\text{ц}}}{D_p} + P \cdot f_n \cdot \frac{d_{\text{ц}}}{D_p} + \frac{K_1}{D_p} P$$
$$P = \frac{q_H B + (G_p + G_T) \cdot f_{\text{п}} \frac{d_{\text{ц}}}{D_p}}{f_p - \left( f_{\text{п}} \frac{d_{\text{ц}}}{D_p} + \frac{K_1}{D_p} \right)} = \frac{600 \cdot 4,25 + (284293 + 29430) \cdot 0,06 \frac{0,24}{3}}{0,6 - \left( 0,06 \frac{0,24}{3} + \frac{0,015}{3} \right)} = 6872 \text{ Н},$$

де  $K_1$  – коефіцієнт тертя кочення,  $K_1 = 0,015$  м;

$f_p$  – коефіцієнт тертя рулону по циліндру,  $f_p = 0,6$ .

Висновок: умова натягу полотна виконується, зусилля притискання  $P = 6872$  Н

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.3 Розрахунок тамбурного валу

### 5.3.1 Розрахунок зусилля, що діє на тамбурний вал

Мета розрахунку: визначення навантаження на вал.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.3.

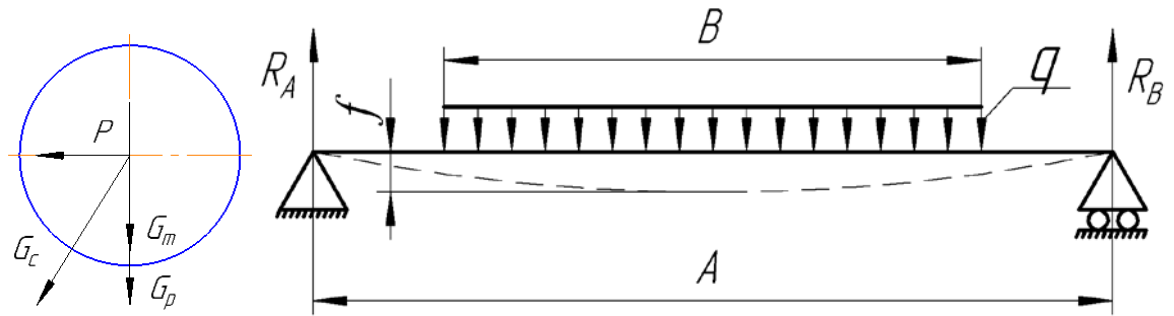


Рисунок 5.3 – Схема тамбурного валу

Вихідні дані до розрахунку:

швидкість тамбурного валу  $V$ , м/с (м/хв) 9,5(570);

сила тяжіння тамбурного валу  $G_T$ , Н 29430;

сила тяжіння рулону  $G_P$ , Н 284293;

зусилля притискання рулону до циліндра  $P$ , Н 6872

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [2].

Сумарне зусилля, яке діє на тамбурний вал:

$$G_C = \sqrt{P^2 + (G_P + G_T)^2} = \sqrt{(6872)^2 + (284293 + 29430)^2} = 313799 \text{ Н.}$$

де  $B$  – ширина полотна,  $B = 4,25\text{м}$ ;

Реакції опор підшипників:

$$R_A = R_B = \frac{G_C}{2} = \frac{313799}{2} = 156899 \text{ Н,}$$

Висновок: за наведеними розрахунками визначили сумарне зусилля на тамбурний вал, яке становить 157 кН.

### 5.3.2 Розрахунок на міцність труби і цапф тамбурного валу

Метою розрахунку: визначення міцності труби і цапф тамбурного валу.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.4.

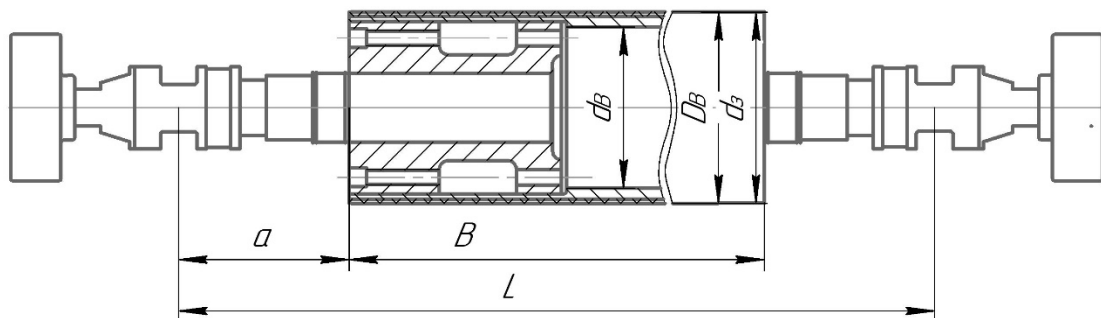


Рисунок 5.4 – Схема тамбурного валу

Вихідні дані до розрахунку:

швидкість машини  $V$ , м/с(м/хв) 9,5(570);

сила тяжіння вала  $G_T$ , Н 29430;

сумарне зусилля, яке діє на тамбурний вал  $G_c$ , Н 313799

сила тяжіння рулону  $G_P$ , Н 284293;

зусилля притискання рулону до циліндра  $P$ , Н 6872

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [9].

Максимальний згинальний момент від сили тяжіння рулону і тамбурного валу:

$$M_m = G_c \cdot \left( \frac{L}{4} - \frac{B}{8} \right) = 313799 \cdot \left( \frac{5,5}{4} - \frac{4,25}{8} \right) = 264704 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $L$  – відстань між опорами,  $L=5,5$  м;

$B$  – ширина паперового полотна,  $B=4,25$  м.

Напруження прогину тамбурного вала:

$$\sigma_b = \frac{M_{\max} \cdot E_b \cdot d_b}{2 \cdot (E_b I_b + E_n I_n)} = \frac{264704 \cdot 2,0 \cdot 10^{11} \cdot 0,420}{2 \cdot (2,0 \cdot 10^{11} \cdot 9,25 \cdot 10^{-4} + 1000 \cdot 10^6 \cdot 3,96)} = 3,24 \text{ МПа}.$$

Напруження прогину рулону:



$$\sigma_p = \frac{M_{\max} \cdot E_n \cdot D_n}{2 \cdot (E_B I_B + E_n I_n)} = \frac{264704 \cdot 2,0 \cdot 10^{11} \cdot 3}{2 \cdot (2,0 \cdot 10^{11} \cdot 9,25 \cdot 10^{-4} + 1000 \cdot 10^6 \cdot 3,96)} = 0,095 \text{ МПа.}$$

де  $E_B$  – модуль пружності вала,  $E_B = 2,0 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ ;

$E_n$  – модуль пружності паперу,  $E_n = 1000 \cdot 10^6 \text{ Па}$

$I_B$  – момент інерції поперечного перетину вала,  $\text{м}^4$ .

$$I_B = \frac{\pi}{64} (d_3^4 - d_B^4) = \frac{3,14}{64} \cdot (0,51^4 - 0,47^4) = 9,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4,$$

де  $d_3$  – зовнішній діаметр труби валу,  $d_3 = 0,51 \text{ м}$ ;

$d_B$  – внутрішній діаметр труби валу,  $d_B = 0,47 \text{ м}$ ;

$I_n$  – момент інерції поперечного перетину рулону,  $\text{м}^4$ .

$$I_n = \frac{\pi}{64} (D_3^4 - D_B^4) = \frac{3,14}{64} \cdot (3^4 - 0,56^4) = 3,96 \text{ м}^4,$$

де  $D_3$  – зовнішній діаметр рулону,  $D_3 = 3 \text{ м}$ ;

$D_B$  – внутрішній діаметр рулону,  $D_B = 0,56 \text{ м}$ .

Критична величина прогину тамбурного вала з рулоном:

$$f_{\text{ст}} = \frac{G_T + G_p}{384 \cdot (E_B I_B + E_n I_n)} \left[ B^3 - 4 \cdot B^2 \cdot l + 8 \cdot l^3 + 64 \cdot a^3 \cdot \left( \frac{E_B I_B + E_n I_n}{E_n I_n} \right) \right] =$$

$$= \frac{29430 + 284293}{384 \cdot (2,0 \cdot 10^{11} \cdot 9,25 \cdot 10^{-4} + 1000 \cdot 10^6 \cdot 3,96)} \cdot$$

$$\left[ 4,25^3 - 4 \cdot 4,25^2 \cdot 5,5 + 8 \cdot 5,5^3 + 64 \cdot 0,625^3 \cdot \left( \frac{2,0 \cdot 10^{11} \cdot 9,25 \cdot 10^{-4} + 1000 \cdot 10^6 \cdot 3,96}{2,0 \cdot 10^{11} \cdot 0,16 \cdot 10^{-4}} \right) \right] =$$

$$= 0,59 \cdot 10^{-4} \text{ м},$$

де  $E_n$  – модуль пружності цапфи,  $E_n = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ ;

$I_n$  – момент інерції поперечного перетину цапфи,  $\text{м}^4$ .

$$I_n = \frac{\pi d_n^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,24^4}{64} = 0,16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4,$$

$a$  – довжина цапфи від центру підшипників до робочої частини вала:

$$a = \frac{l - B}{2} = \frac{5,5 - 4,25}{2} = 0,625 \text{ м},$$

$l$  – ширина між центрами внутрішніх підшипників,  $l = 5 \text{ м}$ .

Критична швидкість тамбурного вала із рулоном:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{f_{ст}}} = \sqrt{\frac{9,81}{0,59 \cdot 10^{-4}}} = 129 \text{ с}^{-1},$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Кутова швидкість обертання рулону:

$$\omega = \frac{2 \cdot V}{d_b} = \frac{2 \cdot 9,5}{0,56} = 34 \text{ с}^{-1}.$$

Приймаємо:

$$\omega_{кр} > \omega.$$

$$129 \text{ с}^{-1} > 34 \text{ с}^{-1}.$$

Висновок: за наведеним розрахунком визначили, що виконується умова міцності для труби тамбурного валу, кутова швидкість.

### 5.3.3 Розрахунок на жорсткість тамбурного валу і критичне число обертів

Метою розрахунку: перевірити жорсткість вала і критичне число обертів.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.5.

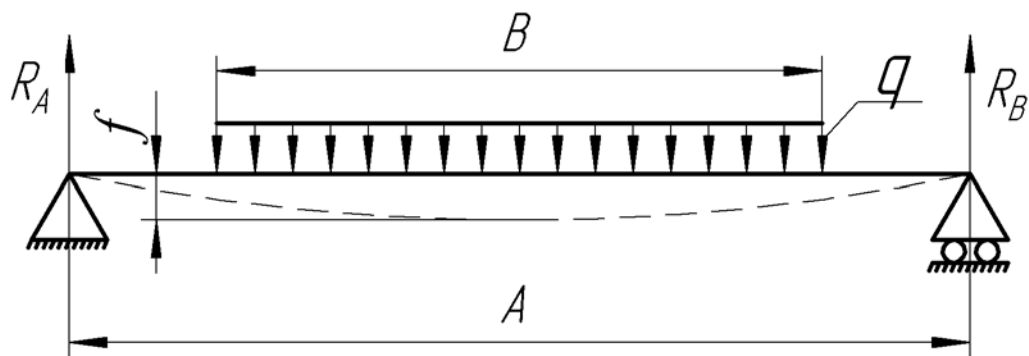


Рисунок 5.5 – Схема тамбурного валу

Вихідні дані:

модуль пружності матеріалу труби $E$ , Па	$2 \cdot 10^{11}$ ;
швидкість машини $V$ , м/с (м/хв)	9,5(570).
сумарне зусилля, яке діє на тамбурний вал $G_c$ , Н	313799

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [12].

Максимальний прогин робочої частини валу [9]:

Прогин вала під дією власної сили тяжіння:

$$f = \frac{5 \cdot Gc \cdot A^3}{384EI} = \frac{5 \cdot 313799 \cdot 5.5^3}{384 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 9,25 \cdot 10^{-4}} = 3,67 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

де  $A$  – відстань між внутрішніми підшипниками,  $A = 5$  м;

$E$  – модуль пружності робочої частини циліндру [5].

$I$  – момент інерції вала,  $I = 9.25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$ .

Відносний прогин валу:

$$\zeta = \frac{f}{A} = \frac{3,67 \cdot 10^{-3}}{5.5} = 6,68 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

Приймаємо:

$$\zeta < [\zeta],$$

$$6,68 \cdot 10^{-4} \text{ м} < 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

де  $[\zeta] = 3,3 \cdot 10^{-3} \div 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  - допустиме значення жорсткості валу.

Умова жорсткості виконується.

Критична частота обертання вала:

$$n_{\text{кр}} = \frac{300}{\sqrt{f}} = \frac{300}{\sqrt{3,67 \cdot 10^{-3}}} = 4949 \text{ с}^{-1}.$$

Робоча частота обертання вала:

$$n_p = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{9.5}{3,14 \cdot 0,51} = 5.93 \text{ с}^{-1},$$

де  $D$  – діаметр тамбурного валу,  $D = 0,51$  м.

Відношення робочої частоти обертання вала до критичної:

$$K = \frac{n_p}{n_{\text{кр}}} = \frac{5.93}{4949} = 0.0012$$

Приймаємо,

$$K < [K]$$

$$0.0012 < 0.6,$$

де  $[K] = 0,6$  – коефіцієнт при якому відсутнє явище резонансу.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова відсутності явища резонансу.

Висновок: за наведеним розрахунком перевірили вал на жорсткість і визначили критичне число обертів валу.

#### 5.3.4 Розрахунок підшипників тамбурного валу

Метою розрахунку: визначення довговічності підшипників тамбурного валу.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.6.

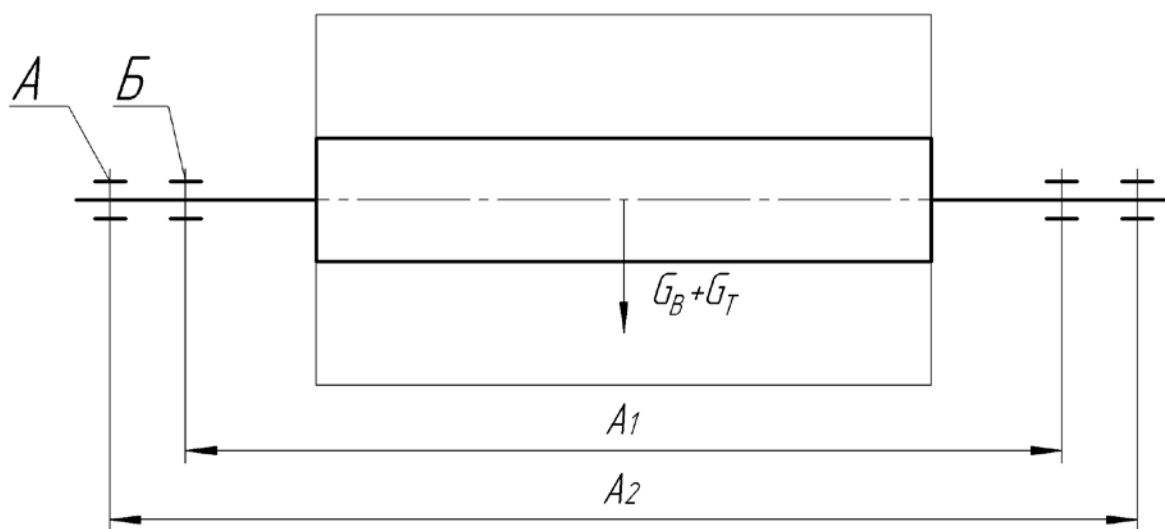


Рисунок 5.6 – Схема розташування підшипників тамбурного валу

Вихідні дані до розрахунку:

навантаження на підшипниковий вузол  $R_A$ , Н.....156899;

швидкість машини  $V$ , м/с (м/хв).....9,5 (570)

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі[13].

Критерієм для вибору підшипника є нерівність:

$$C_H \leq C_{кат},$$

де  $C_{\text{кат}}$  – табличне значення динамічного навантаження підшипника за каталогом;

Необхідна величина динамічного навантаження підшипника:

$$C_H = P_r L^{3/10} = P_r \left( \frac{3600 \cdot n \cdot L_h}{10^6} \right)^{3/10} = 156899 \left( \frac{3600 \cdot 5,4 \cdot 10^5}{10^6} \right)^{3/10} = 1506362 \text{ Н.}$$

Потрібна довговічність підшипника зв'язана із часом його служби, млн.об:

$$L = 10^{-6} \cdot 3600 \cdot n \cdot L_h$$

де  $L_h = 100000$  год – рекомендоване значення розрахункової довговічності підшипника для обладнання фабрик [14].

Розраховуємо еквівалентне динамічне радіальне навантаження роликового підшипника. Оскільки підшипник роликовий радіальний має чисто радіальне навантаження, то:

$$P_r = \frac{R_A}{2} K_K K_T K_\sigma = \frac{156899}{2} \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,8 = 155330 \text{ Н,}$$

де  $K_K$  – коефіцієнт обертання (кінематичний коефіцієнт),  $K_K=1$ ;

$K_T$  – температурний коефіцієнт,  $K_T=1,1$ ;

$K_\sigma$  – коефіцієнт безпеки (коефіцієнт динамічності),  $K_\sigma=1,8$ .

Частота обертання підшипника:

$$n = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{9,5}{3,14 \cdot 0,56} = 5,4 \text{ с}^{-1}$$

Опора А:

Виходячи із конструктивних міркувань вибираємо роликовий радіально-роликовий двохрядний підшипник №119 [16] із динамічною вантажопідйомністю  $C = 1500$  кН.

Знаходимо фактичну довговічність вибраних підшипників:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = \left(\frac{C}{P_r}\right)^{10/3} = \left(\frac{1500000}{155330}\right)^{10/3} = 1917 \text{ млн. об.},$$

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{n} = \frac{10^6 \cdot 1917}{5.4} = 355 \cdot 10^6 \text{ с} \approx 98000 \text{ год.}$$

Довговічність підшипника перевищує 80000 год. [16]. Отже, обраний підшипник відповідає вимогам і має необхідний запас довговічності. Виходячи з даних умов підшипник №119 придатний.

Опора Б:

Виходячи із конструктивних міркувань вибираємо роликовий радіально-сферичний двохрядний підшипник №120 [16] із динамічною вантажопідйомністю  $C = 1600 \text{ кН}$ .

Знаходимо фактичну довговічність вибраних підшипників:

$$L = \left(\frac{C}{P_r}\right)^{10/3} = \left(\frac{1600000}{155330}\right)^{10/3} = 2377 \text{ млн. об.},$$

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{n} = \frac{10^6 \cdot 2377}{5.4} = 440 \cdot 10^6 \text{ с} \approx 120000 \text{ год.}$$

Довговічність підшипника перевищує 80000 год. [16]. Отже, обраний підшипник відповідає вимогам і має необхідний запас довговічності. Виходячи з даних умов підшипник №120 придатний.

Висновок: за наведеними розрахунками вибрано підшипник №119 з внутрішнім діаметром  $d=180 \text{ мм}$  та зовнішнім діаметром  $D=320 \text{ мм}$ , працюватиме підшипник 98000 год. Та другий підшипник №120 з внутрішнім діаметром  $d=190 \text{ мм}$  та зовнішнім діаметром  $D=320 \text{ мм}$ , який працюватиме 120000 год.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.4 Розрахунок елементів циліндра накату

### 5.4.1 Силкові фактори

Метою розрахунку є визначення навантаження та реакції опор, які діють на циліндр.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.7.

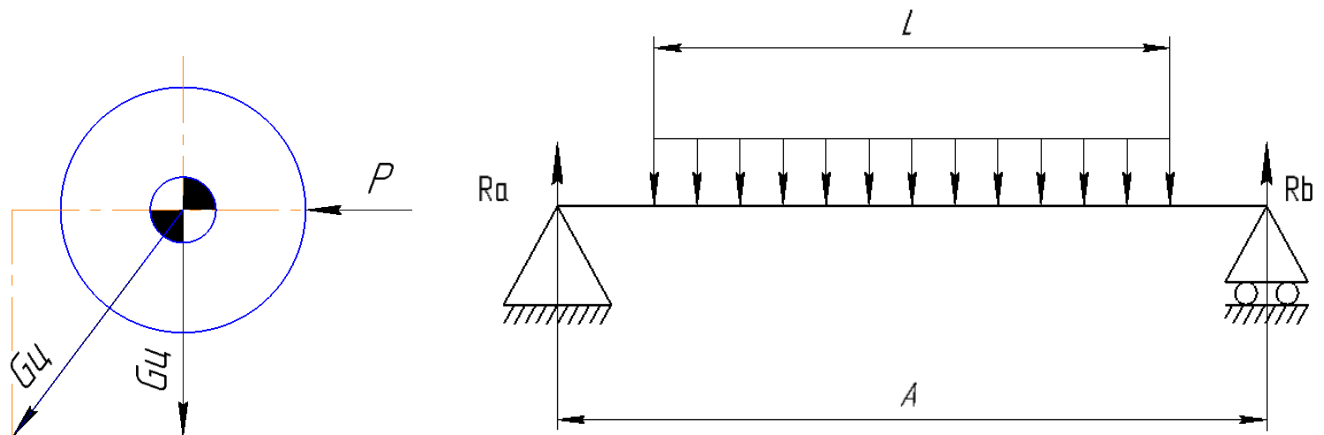


Рисунок 5.7 – Схема навантаження на циліндр накату

Вихідні дані до розрахунку:

маса циліндра накату , кг 4000;

зусилля притискання рулону до циліндра P ,Н 6872

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [15].

$G_n$  – сила тяжіння тамбурного валу.

$$G_n = Mg = 4000 \cdot 9,81 = 39240 \text{ Н,}$$

Навантаження від маси циліндра:

Сумарне навантаження на циліндр накату, Н

$$G_s = \sqrt{P^2 + G_n^2} = \sqrt{6872^2 + 39240^2} = 39837 \text{ Н,}$$

Сумарне навантаження, розподілена по всій довжині циліндра:

$$q = \frac{G_s}{L} = \frac{39837}{4.7} = 8475 \text{ Н/м.}$$

де  $L$  – довжина циліндра накату,  $L = 4,7$  м;

Реакції опорів в підшипниках:

$$R_A = R_B = \frac{G_s}{2} = \frac{39837}{2} = 19918 \text{ Н.}$$

Висновок: за наведеними розрахунками визначено, що реакція опор – 19918 Н, інтенсивність навантаження на циліндр – 8475 Н/м.

#### 5.4.2 Розрахунок кришки циліндра

Метою розрахунку є перевірка кришки циліндра за умовою міцності.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.8.

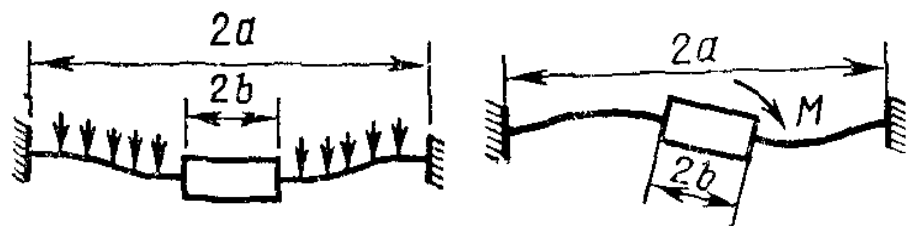


Рисунок 5.8 – Схема кришки циліндра

Вихідні дані:

радіус кришки по колу болтів $a$ , м	0,35;
радіус кришки в місці переходу цапфи в таріль $b$ , м	0,140;
товщина кришки $\delta_l$ , м	0,03.
Сумарне навантаження $q$ , Н/м	8475

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі в [9].

Найбільше напруження в кришці від згинального моменту:



$$\sigma = \frac{3M}{4\pi \cdot \delta_1^2 b} \left[ 1 + \frac{m+1}{m} \ln \frac{2(0,45 \cdot a - b)}{0,45 \cdot k \cdot a} \right] =$$

$$= \frac{3 \cdot 8963}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,03^2 \cdot 0,140} \cdot \left[ 1 + \frac{4+1}{4} \ln \frac{2(0,45 \cdot 0,35 - 0,140)}{0,45 \cdot 0,29 \cdot 0,35} \right] = 20 \text{ МПа},$$

де  $m$  – величина обернена коефіцієнту Пуассона.

$$m = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0,25} = 4,$$

де  $\mu = 0,25$  – коефіцієнту Пуассона [13].

$$k = \frac{0,1 \cdot a^2}{(b + 0,18 \cdot a)^2} = \frac{0,1 \cdot 0,35^2}{(0,14 + 0,18 \cdot 0,35)^2} = 0,29$$

$$M = Ra \cdot L_2 = 19918 \cdot 0,45 = 8963 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

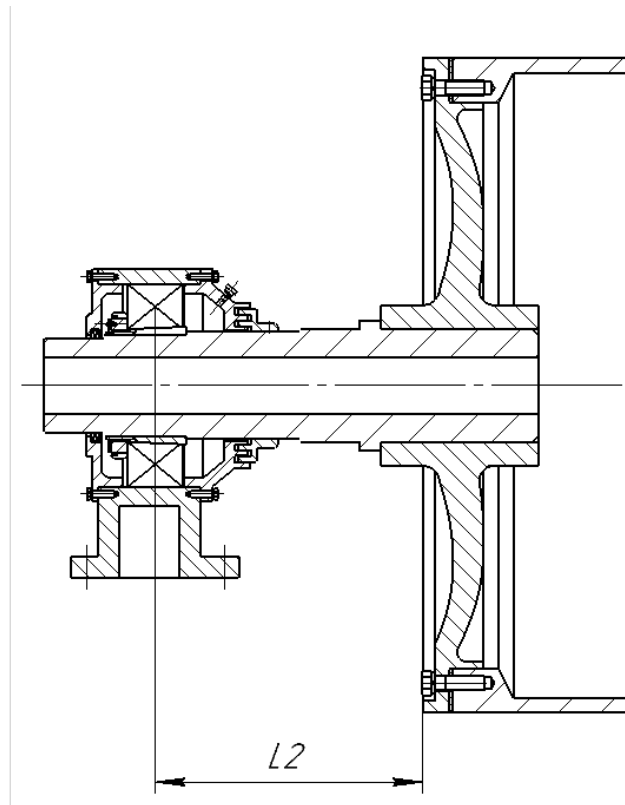


Рисунок 5.3 - відстань від підшипника до кришки циліндра

де  $L_2$  – відстань від підшипника до кришки циліндра,  $L_2 = 0,45$  м.

Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma_B}{\sigma} = \frac{350 \cdot 10^6}{20 \cdot 10^6} = 32$$

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\sigma_B$  - границя міцності для чавуну СЧ35 [ $\sigma_B$ ] = 350 МПа [4].

Приймаємо:

$$n > [n], \\ 32 > 7$$

де  $[n] = 7$  – допустимий коефіцієнт для циліндрів з обрізною шириною до 4,2 м.

Висновок: кришка циліндра зроблена із СЧ35. За наведеними розрахунками отримали, що умова міцності виконується.

#### 5.4.3 Розрахунок на міцність оболонки та цапф циліндру накату

Метою розрахунку є перевірка оболонки і цапф циліндра накату на міцність.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.9.

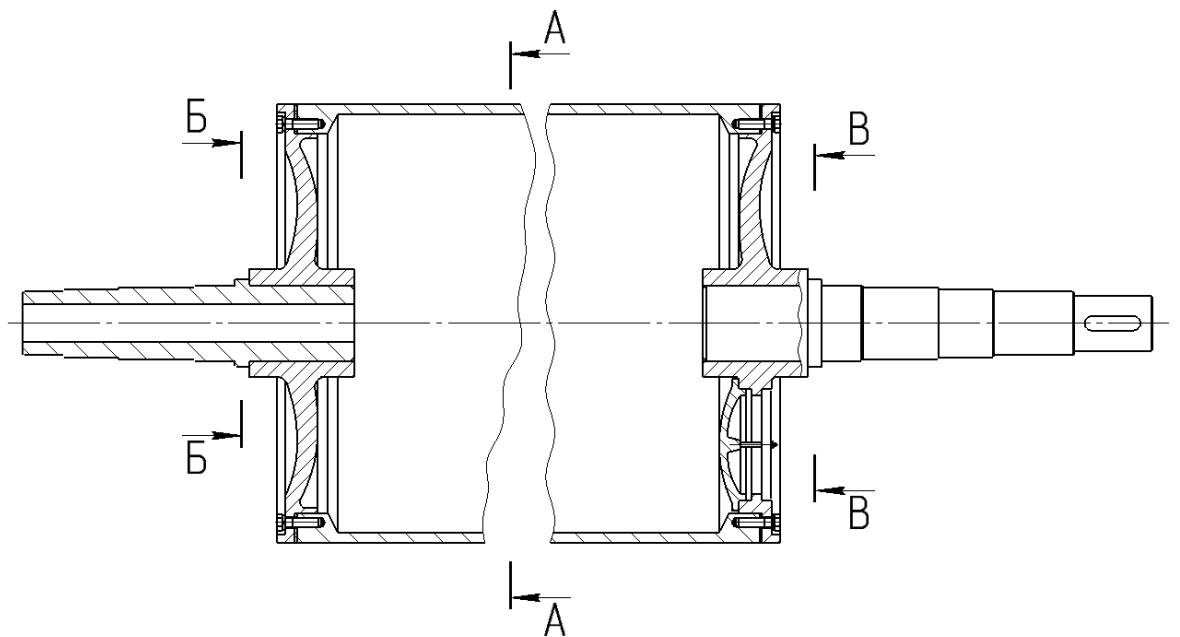


Рисунок 5.9 – Схема перерізів циліндра накату.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі в [9].

Вихідні дані:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сумарне навантаження $q$ , Н/м	8475;
зовнішній діаметр циліндра $D$ , м	0,8
внутрішній діаметр циліндра $D_1$ , м	0,75
зовнішній діаметр цапфи $d_2$ , м	0,19
внутрішній діаметр цапфи $d_{2B}$ , м	0,095

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [12].

Момент інерції оболонки циліндра в перерізі А-А:

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - D_1^4) = \frac{3,14}{64} (0,8^4 - 0,75^4) = 0,46 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4,$$

Згинальний момент оболонки циліндра в перерізі А-А:

$$M_{u1} = \frac{q \cdot A^2}{4} = \frac{8475 \cdot 5,6^2}{4} = 66,4 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $A$  – відстань між підшипниками,  $A = 5,6$  м.

Момент опору оболонки циліндра в перерізі А-А:

$$W_1 = \frac{2 \cdot I}{D} = \frac{2 \cdot 1,22 \cdot 10^{-2}}{0,8} = 0,46 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3.$$

Напруження при згинанні оболонки циліндра в перерізі А-А:

$$\sigma_{u1} = \frac{M_{u1}}{W_1} = \frac{66,4 \cdot 10^3}{1,14 \cdot 10^{-2}} = 5,8 \text{ МПа}.$$

Границя витривалості матеріала оболонки при симетричному циклі згинання:

$$(\sigma_{-1})_T = 150 \text{ МПа},$$

де  $\sigma_{-1} = 150$  МПа – границя витривалості матеріалу СЧ 35 при згині [15].

Запас міцності оболонки циліндра в перерізі А-А:

$$n_1 = \frac{(\sigma_{-1})_T \varepsilon_1}{\sigma_{u1}} = \frac{150 \cdot 10^6 \cdot 0,62}{5,8 \cdot 10^6} = 16$$

де  $\varepsilon_1 = 0,62$  – масштабний фактор для оболонки.

Приймаємо:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_1 > [n],$$

$$16 > 1,8 \div 2,5$$

де  $[n] = 1,8 \div 2,5$  – допустимий коефіцієнт запасу міцності.

Умова міцності виконується.

Згинальний момент цапфи циліндра в перерізі Б-Б та В-В:

$$M_{u2} = \frac{q \cdot B(A - B)}{2} = \frac{8475 \cdot 0,38(5,6 - 0,38)}{2} = 8,4 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $B$  – відстань від підшипника до перерізу Б-Б,  $B=0.38$  м.

Для пустотілої цапфи [12]:

момент опору цапфи циліндра в перерізі Б-Б:

$$W_2 = \frac{\pi}{32} \frac{(d_2^4 - d_{2в}^4)}{d_3} = \frac{3,14}{32} \frac{(0,19^4 - 0,095^4)}{0,19} = 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

напруження при згинанні цапфи циліндра в перерізі Б-Б:

$$\sigma_{u2} = \frac{M_{u2}}{W_2} = \frac{8,4 \cdot 10^3}{6,3 \cdot 10^{-4}} = 13,3 \text{ МПа},$$

Для суцільної цапфи:

момент опору цапфи циліндра в перерізі В-В:

$$W_3 = 0,1d_2^3 = 0,1 \cdot 0,19^3 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

напруження при згинанні цапфи циліндра в перерізі В-В:

$$\sigma_{u3} = \frac{M_{u2}}{W_3} = \frac{8,4 \cdot 10^3}{7 \cdot 10^{-4}} = 12,2 \text{ МПа},$$

Границя витривалості матеріала цапф при симетричному циклі згинання:

$$(\sigma_{-1})_{ц} = 280 \cdot 10^6 \text{ Па} = 280 \text{ МПа},$$

де  $\sigma_{-1} = 280$  МПа – границя витривалості матеріалу Ст 40 при згині [15].

Запас міцності цапфи циліндра в перерізі Б-Б:

для суцільної цапфи:

$$n_3 = \frac{(\sigma_{-1})_{ц} \varepsilon_2}{\sigma_{u3} k_{\sigma 2}} = \frac{280 \cdot 10^6 \cdot 0,68}{12,2 \cdot 10^6 \cdot 3,36} = 4,62$$

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запас міцності цапфи циліндра в перерізі В-В:

для пустотілої цапфи:

$$n_2 = \frac{(\sigma_{-1})_{\text{ц}} \varepsilon_2}{\sigma_{\text{ц2}} k_{\sigma 2}} = \frac{280 \cdot 10^6 \cdot 0,68}{13,3 \cdot 10^6 \cdot 3,36} = 4,25$$

де  $\varepsilon_2 = 0,68$  – масштабний фактор для цапфи в перерізі Б-Б та В-В;

$k_{\sigma 2} = 3,36$  – ефективний коефіцієнт концентрації напружень від запресовування в перерізі Б-Б та В-В.

Приймаємо:

$$n_2 > [n],$$

$$4,25 > 1,8 \div 2,5 \text{ – для пустотілої цапфи}$$

$$4,62 > 1,8 \div 2,5 \text{ – для суцільної цапфи}$$

де  $[n] = 2,5$  – допустимий коефіцієнт запасу міцності.

Умова міцності виконується.

Висновок: корпус циліндра виготовлені з СЧ 35, цапфи циліндра виготовлені з Ст 40. За наведеними розрахунками отримали, що умова міцності виконується.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 5.4.4 Розрахунок циліндра накату на жорсткість і критичне число обертів

Мета розрахунку: перевірка циліндра накату за умовами жорсткості та відсутності резонансу.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.10.

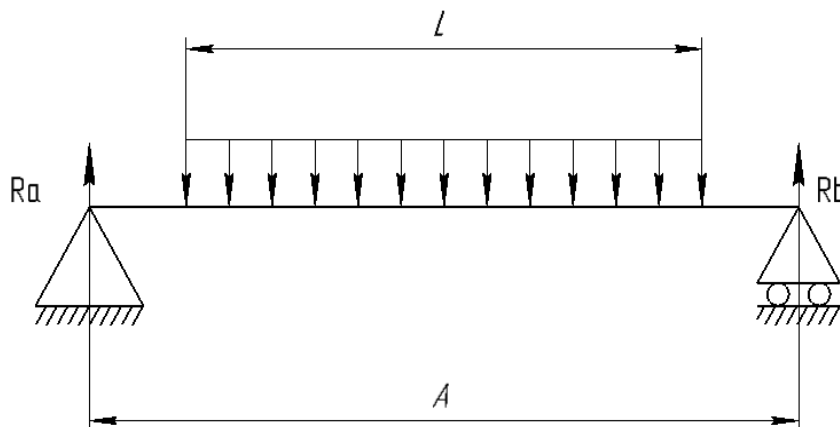


Рисунок 5.10 – Схема навантаження на циліндр накату

Вихідні дані:

модуль пружності матеріалу оболонки (СЧ 35) $E$ , Па [5]	$1,45 \cdot 10^{11}$ ;
швидкість накату $V$ , м/с	9,5
ширина полотна $B$ , м	4,25
довжина циліндра накату $L$ , м	4,7
відстань між підшипниками $A$ , м	5,6
сумарне навантаження на вал $q$ , Н/м	8476
діаметр оболонки циліндру накату	

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [15].

Максимальний прогин робочої частини валу [15]:

$$f_p = \frac{q \cdot B^3}{384 \cdot E \cdot I} (12 \cdot A - 7 \cdot L) = \frac{8476 \cdot 4,25^3}{384 \cdot 1,45 \cdot 10^{11} \cdot 0,46 \cdot 10^{-2}} (12 \cdot 5,6 - 7 \cdot 4,7) = 87,6 \cdot 10^{-6} \text{ м,}$$

Прогин вала:

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot A^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 8476 \cdot 5,6^4}{384 \cdot 1,45 \cdot 10^{11} \cdot 0,46 \cdot 10^{-2}} = 16,3 \cdot 10^{-5} \text{ м},$$

де  $I$  – момент інерції в перерізі А-А циліндра,  $I = 0,46 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ .

Відносний прогин валу:

$$\zeta = \frac{f}{A} = \frac{16,3 \cdot 10^{-5}}{5,4} = 1,5 \cdot 10^{-5}.$$

Приймаємо:

$$\begin{aligned} \zeta &< [\zeta], \\ 1,5 \cdot 10^{-5} &< 3,3 \cdot 10^{-4} \div 2,5 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

де  $[\zeta] = 3,3 \cdot 10^{-4} \div 2,5 \cdot 10^{-4}$  – допустиме значення жорсткості валу.

Умова жорсткості виконується.

Критична кутова швидкість обертання циліндра накату:

$$\omega_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{g}{f}} = \sqrt{\frac{9,81}{16,3 \cdot 10^{-5}}} = 244 \text{ с}^{-1}.$$

Робоча кутова швидкість обертання циліндра накату:

$$\omega_p = \frac{V}{R} = \frac{V \cdot 2}{D} = \frac{9,5 \cdot 2}{0,8} = 23,75 \text{ с}^{-1},$$

Відношення робочої частоти обертання вала до критичної:

$$K = \frac{\omega_p}{\omega_{\text{кр}}} = \frac{23,75}{244} = 0,097.$$

Приймаємо:

$$\begin{aligned} K &< [K], \\ 0,097 &< 0,6 \end{aligned}$$

де  $[K] = 0,6$  – коефіцієнт при якому відсутнє явище резонансу.

Умова відсутності явища резонансу виконується.

Висновок: за наведеним розрахунком було визначено, що умова жорсткості виконується, а також відсутнє явище резонансу.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.4.5 Розрахунок болтів кріплення кришок

Метою розрахунку є перевірка міцності та надійності болтового з'єднання. Розрахункова схема зображена на рисунку 5.11.

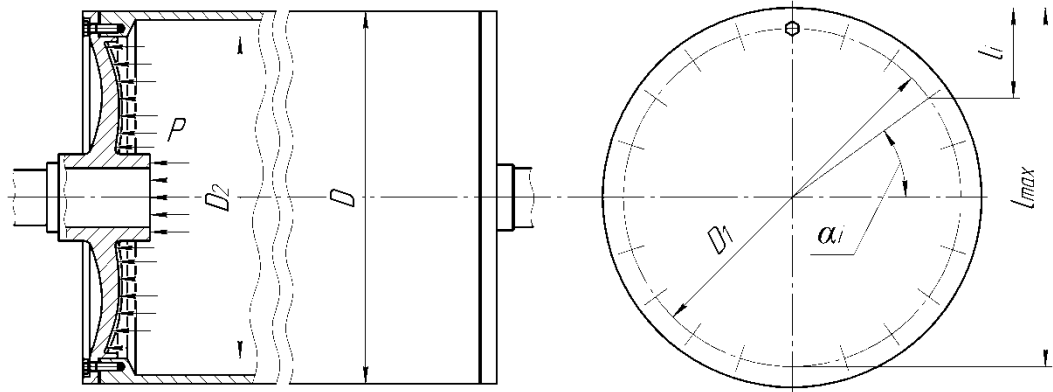


Рисунок 5.11 – Схема навантаження болтів кріплення кришок

Вихідні дані:

діаметр болта $d_6$ , м	0,02;
кількість болтів $z$ , шт.	20;
зовнішній діаметр циліндра $D$ , м	0,8;
діаметр по колу болтів $D_1$ , м	0,7.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [16]

Площа поперечного перерізу болта:

$$F_6 = \frac{\pi d_6^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,02)^2}{4} = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2,$$

де  $d_6$  – діаметр болта по внутрішньому діаметру різьби, м.

Відстань від осі болтів до верхньої кромки циліндра:

$$l_i = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_i) = \frac{1}{2}(0,8 - 0,7 \cdot \sin(-90^\circ)) = 0,05 \text{ м},$$

де  $\alpha_i = -90^\circ$ .

Відстань від осі найбільш навантаженого болта до верхньої кромки циліндра:



$$l = \frac{1}{2}(D + D_1) = \frac{1}{2}(0,8 + 0,7) = 0,75 \text{ м.}$$

Зусилля натягу найбільш навантаженого болта від моменту  $M_1$ :

$$Q = \frac{M_1 l}{\sum l_i^2} = \frac{8963 \cdot 0,8}{8,55} = 12747 \text{ Н.}$$

Амплітуда перемінних напружень:

$$\sigma_a = \frac{\chi Q}{2F_6} = \frac{0,3 \cdot 12747}{2 \cdot 3,142 \cdot 10^{-4}} = 6,08 \text{ МПа,}$$

де  $\chi = 0,3$  – коефіцієнт основного навантаження [6].

Найбільше напруження:

$$\sigma_{\max} = \frac{k_{\text{ст}}(1-\chi)Q}{F_6} \cdot 1,3 + \frac{\chi \cdot Q_M}{F_6} = \frac{3(1-0,3) \cdot 12747}{3,142 \cdot 10^{-4}} \cdot 1,3 + \frac{0,3 \cdot 12747}{3,142 \cdot 10^{-4}} = 123 \text{ МПа,}$$

де  $k_{\text{ст}} = 2,5 \div 4$  – коефіцієнт запасу проти розкриття стику [17].

Границя витривалості болта:

$$\sigma_{-1k} = \frac{\sigma_{-1}}{k_{\sigma}} = \frac{220}{2,8} = 78,57 \text{ МПа,}$$

де  $k_{\sigma}$  – ефективний коефіцієнт концентрації напружень [17].

Запас міцності по амплітуді:

$$n_a = \frac{\sigma_{-1k}}{\sigma_a} = \frac{78,57}{6,08} = 12,9.$$

Умова міцності по амплітуді:

$$n_a \geq [n_a]$$

$$12,9 \geq 2,5 \div 4.$$

Запас міцності за максимальними напруженнями:

$$n = \frac{\sigma_{\tau}}{\sigma_{\max}} = \frac{360}{123} = 2,92$$

Максимальне дотичне зусилля матеріалу болта Ст 45,  $\sigma_{\tau} = 360$  МПа

Умова міцності:

$$n \geq [n]$$

$$2,92 \geq 1,25 \div 2,5.$$

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок: кріплення кришок до циліндра накату виконане болтами М24, так як вони мають достатній запас міцності та надійності [15].

#### 5.4.6 Розрахунок і вибір підшипників циліндра накату

Метою розрахунку є вибір та визначення довговічності підшипників циліндра накату.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.12.

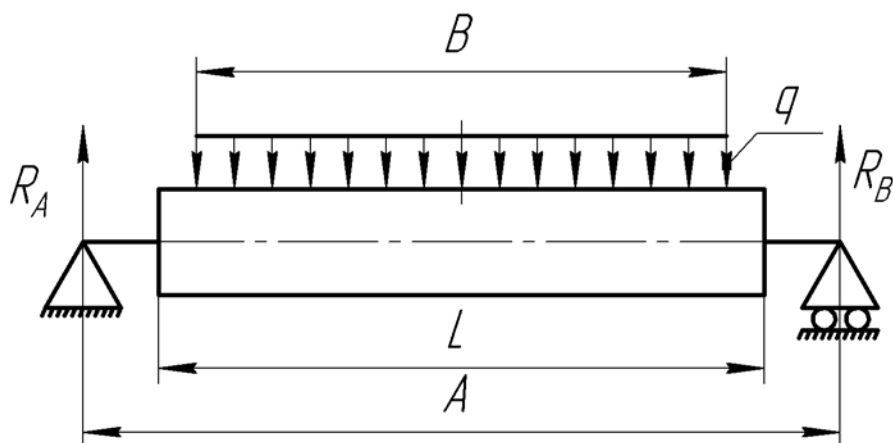


Рисунок 5.12 – Схема навантаження на циліндр накату

Вихідні дані:

навантаження на підшипник  $R_A$ , Н 19918;  
швидкість машини  $V$ , м/с (м/хв) 9,5 (570).

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [15].

Розраховуємо еквівалентне динамічне радіальне навантаження роликового підшипника. Оскільки підшипник роликовий радіальний має чисто радіальне навантаження, то:

$$P_r = R_A K_K K_T K_\sigma = 19918 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,8 = 39438 \text{ Н},$$

де  $R_A$  – радіальне навантаження на підшипник,  $R_A = 19918$  Н;

$K_K$  – коефіцієнт обертання (кінематичний коефіцієнт),  $K_K = 1$ ;

$K_T$  – температурний коефіцієнт,  $K_T = 1,1$ ;

$K_\sigma$  – коефіцієнт безпеки (коефіцієнт динамічності),  $K_\sigma = 1,8$ .

Кількість обертів кільця підшипника:

$$n = \frac{V}{\pi D} = \frac{9,5}{3,14 \cdot 0,8} = 3,78 \text{ с}^{-1}.$$

Оскільки частота обертів циліндра накату більше 0,17 об/с. то вибір підшипника проводимо за динамічним навантаженням.

Критерієм для вибору підшипника є нерівність:

$$C_H \leq C_{\text{кат}},$$

де  $C_{\text{кат}}$  – табличне значення динамічного навантаження підшипника за каталогом;

Необхідна величина динамічного навантаження підшипника:

$$C_H = P_r L^{3/10} = P_r \left( \frac{3600 \cdot n \cdot L_h}{10^6} \right)^{3/10} = 39438 \left( \frac{3600 \cdot 3,78 \cdot 10^5}{10^6} \right)^{3/10} = 344 \text{ кН}.$$

Потрібна довговічність підшипника зв'язана із часом його служби, млн.об.:

$$L = 10^{-6} \cdot 3600 \cdot n \cdot L_h,$$

де  $L_h = 100000$  год – рекомендоване значення розрахункової довговічності підшипника [15,16].

Виходячи із конструктивних міркувань вибираємо роликовий радіально-сферичний підшипник 13634 [11] із динамічною вантажопідйомністю  $C = 350$  кН.

Знаходимо фактичну довговічність вибраних підшипників:

$$L = \left( \frac{C}{P_r} \right)^{10/3} = \left( \frac{350000}{57683,77} \right)^{10/3} = 1447 \text{ млн.об.},$$

$$L_h = \frac{10^6 L}{n} = \frac{10^6 \cdot 1447}{3600 \cdot 3,78} \approx 106000 \text{ год}.$$

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довговічність підшипника перевищує 80000 год. [15,16]. Отже, обраний підшипник відповідає вимогам і має необхідний запас довговічності.

Виходячи з даних умов роботи підшипник 13638 придатний.

Висновок: за наведеними розрахунками вибрано підшипники 13634, які працюватимуть 106000 год.

### 5.5 Потужність приводу циліндра накату

Мета розрахунку: визначити сумарне тяглове зусилля, визначити потужність приводу і вибрати двигун.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.13.

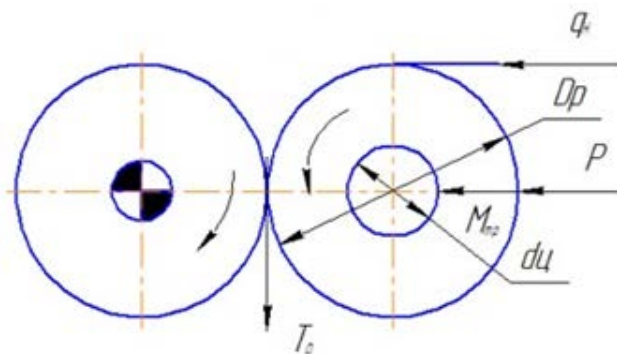


Рисунок 5.13 – Схема притискання тамбурного валу з рулоном картону до циліндра накату

Вихідні данні до розрахунку:

зусилля притискання рулону до циліндра  $P$ , Н 6872

коефіцієнт тертя рулону по циліндру,  $f_p$  0,6.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [15].

Сумарне тяглове зусилля на подолання всіх основних опорів:

$$T_0 = P \cdot f_p = 6872 \cdot 0.6 = 4123 \text{ Н}$$

Потужність приводу тамбурного валу накату:

$$N = \frac{T_0 V K_V K_M K_{\Pi}}{\eta_d \eta_p} = \frac{4123 \cdot 9,5 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 1,5}{0,89 \cdot 0,9} = 110 \text{ кВт},$$

де  $K_M$  – коефіцієнт перевантаження,  $K_M = 1,25 \div 1,3$  [3];

$K_V$  – коефіцієнт швидкості,  $K_V = 1,15$ ;

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт пусковий,  $K_{\Pi} = 1,5$ ;

$\eta_d$  – ККД двигуна,  $\eta_d = 0,89$ ;

$\eta_p$  – ККД редуктора,  $\eta_p = 0,9$ .

Приймаємо двигун постійного струму 4ПНМ250СУХЛ4, який має потужність 115 кВт.

Висновок: за наведеними розрахунками визначили сумарне тягове зусилля на подолання всіх основних опорів:  $T_0 = 4123H$ , потужність приводу  $N = 110$  кВт та обрано двигун 4ПФМ250СУХЛ4.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації накату

Накат надходить на будівельну площадку в розібраному виді окремими деталями і транспортується блоками, які пройшли контрольну зборку і обкатку на заводі-виробника[10].

Початок монтажних робіт холодильної частини КРМ починається з розчистки траншеї та колодців від будівельного сміття та зрошення їх водою. При монтажі персонал буде користуватися такими інструментами як:

- рулетки;
- лінійки;
- гідростатичні рівні;
- відвіси;
- лекальна лінійка;
- набори металевих шупів;
- струна від роялю;
- оптичний квадрант;
- теодоліти.

Після підготовчих робіт встановлюється шина. При монтажі шини необхідно дотримуватися високої точності в горизонтальному та осьовому положеннях. Поздовжня вісь холодильної частини машини обирається базою для установки шин по ширині. Впродовж поздовжньої вісі натягується проволока зі сталі діаметром 0,5- 1 мм.

Установка фундаментних шин проводиться в два етапи:

- 1) попереднє прокладення, контроль, заливка фундаментних болтів;
- 2) кінцевий контроль і перевірка, до заливка фундаменту.

Прокладають шини згідно до складальних креслень. Всі поверхні які контактують з бетонною сумішшю очищають до металічного блиску. Шини прокладають по пласким, гладким і укладеним горизонтально металевим

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підкладкам. Колодці з фундаментними болтами заповнюють бетонною сумішшю до верхньої точки фундаменту.

Після затвердіння бетонної суміші необхідно виконати затяжку фундаментних болтів та кінцеву перевірку на дотримання наступних умов:

- 1) різниця висот робочих поверхонь шин не більше 0,05 мм ширини станка;
- 2) негоризонтальність робочих поверхонь не більше 0,02 мм/м;
- 3) допуск непаралельності бокових поверхонь не більше 0,3 мм;
- 4) відхилення від площини оброблених торцевих поверхонь не повинно перевищувати 0,2 мм.

Якщо наведені вище умови виконуються то персонал приступає до кінцевої підливки шин.

Монтаж накату відбувається по монтажньо-встановлювальне кресленням відповідно з технічними умовами заводу-виробника. По рискам на шинах встановлюють станини лицьової і привідної сторін. На попередньому вивірених станинах встановлюють циліндр накату, зібраний з підшипниковими вузлами і зубчатими секторами поворотних важелів. Вивіряють симетричність положення циліндра відносно центра осі машини, паралельність відносно нижнього валу каландра і його горизонтальність. Закріплюють станини, корпуси підшипників циліндра і фіксують їх штифтами. Виконують збірку проміжного валу і привода поворотних важелів. Встановлюють розправляючий вал паралельно циліндру накату і по горизонталі і механізм попереднього розгону тамбурного валу, при цьому вал не повинен доторкатись до циліндра накату. Механізм вивіряють по півмуфті валу так, щоб пневмоколесо було розташоване симетрично по відношенню до півмуфти і притиснене до неї всією робочою поверхнею. Монтаж накату виконується з установки по рискам на шинах станин лицьової і привідної сторін. Станини вивіряють відносно центральної осі машини і по вертикалі. Встановлюють на станини папероведучі вали і вивіряють їх паралельність відносно привідного папероведучого валу, а також по горизонталі. В якості

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевірочного інструменту при монтажі накату використовують металеву рулетку з міліметровим поділом, лінійки металеві, мікрометричний штихмас, слюсарний рівень 2-го класу точності. Фактичні монтажно-встановлювальні розміри, отримані при встановленні накату на проектному місті, заносять до формуляра.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 7 Рівень стандартизації та уніфікації

При розробці установки на всіх стадіях проектування повинні також використовуватись стандартні уніфіковані вузли та деталі.

Стандартизація – це зведення чисельних видів виробів однакового функціонального призначення до обмеженого числа обов’язкових стандартних зразків.

Уніфікація – це раціональне скорочення числа типів, видів, розмірів вузлів і їх елементів. З урахування класифікації процесів, ряд машин і апаратів уніфіковані, тобто в конструкції передбачена можливість використання їх у різних виробництвах для проведення того самого процесу у визначеному діапазоні параметрів.

Наявність достатньо високого рівня стандартизації і уніфікації вузлів і деталей установки значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати на ремонт, експлуатацію і перехід при необхідності на нові режими роботи.

Пропонований периферичний накат для паперового полотна містить  $N = 295$  деталей та виробів, з них стандартних (не враховуючи кріплення деталей і труб, зрізаних під прямим кутом)  $n_c = 30$ , уніфікованих  $n_y = 158$ .

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{30}{295} = 0,102;$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_c + n_y}{N} = \frac{30 + 158}{295} = 0,637$$

Висновок: розраховано коефіцієнти стандартизації та уніфікації, які становлять:  $K_c = 0,102$ ;  $K_y = 0,637$ .

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8 Техніко– економічне обґрунтування модернізації

### 8.1 Обґрунтування необхідності модернізації

Основними напрямками розвитку галузі виробництва целюлозно-паперової продукції є збільшення продуктивності та зменшення енергетичних витрат обладнання ЦПВ. Тому модернізація накату картоноробної машини є актуальною

В дипломному проекті модернізується накат картоноробної машини з розробкою системи притискання рулону, та розробка циліндра накату для виробництва картону.

Головним завдання економічної частини зробити техніко-економічні обґрунтування доцільності удосконалення накату. Накат призначений для намотування картонного полотна в рулони, де хороша якість та рівномірна щільність намотки рулонів забезпечують нормальні умови для подальшої обробки картонного полотна. Тому вдосконалення накату є досить актуальною проблемою, яка вимагає вирішення і може сприяти підвищенню ефективності виробництва.

Перевагою базової конструкції є простота конструкції та легкість обслуговування.

До недоліків відносяться:

- обмеження діаметру намотуваного рулону
- погана щільність намотування полотна
- значна металоємність циліндру накату.

Модернізація полягає в тому, що механізм притискання встановлено на рухомому каретку, яка переміщується по направляючим, закріпленим до станини, за допомогою привідної системи.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по вдосконаленню накату КРМ

Вдосконалення апарата розраховуємо у відповідності зі ступенем складності та обсягів проектно-конструкторської документації, яку необхідно розробити на етапи конструкторської підготовки. Модернізація діючого устаткування означає його вдосконалення з метою попередження або усунення фізичного зносу, техніко-економічного старіння та підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог.

Економічно доцільно здійснювати модернізацію устаткування під час проведення його капітального ремонту. Зазвичай вдосконалення устаткування хімічної галузі промисловості забезпечує збільшення його продуктивності на 10-18%, а здійснені згідно з нею витрати не перевищують половини вартості нових знарядь виробництва аналогічного призначення.

Зведемо показники, що характеризують базову конструкцію, та очікувані показники модернізованої машини до таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Техніко-економічні показники накату

Найменування показників	Одиниця виміру	Накат до модернізації	Накат після модернізації
1	2	3	4
Швидкість	м/хв	450	570
Діаметри циліндра	м	1.1	0.8
Діаметр тамбурного валу	м	0.42	0.56
Швидкість машини	м/с	8,3	9,5

Обрізна ширина картону	м	4,2	4,2
Діаметр намотаного рулону	м	2.2	3
Продуктивність	т/год	22	34.2

Продовження таблиці 8.1

Найменування показників	Одиниця виміру	Накат до модернізації	Накат після модернізації
Маса циліндру накату	кг	4800	4500
Тривалість ремонтного циклу	Рік	1,5	2
Потужність електродвигуна	кВт	120	100
Ринкова ціна нового аналогічного устаткування	тис. грн	—	450
Балансова (первісна) вартість устаткування	тис. грн	400	—
Залишкова вартість устаткування, яке підлягає модернізації	тис. грн	0	—

Розрахунки ефективності на проведення модернізації устаткування полягають у визначенні коефіцієнта ефективності витрат, який розраховується за формулою:

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{ei}}{K_{Hi} + \alpha\beta + S_{\alpha i}},$$

де  $M_i$  – сукупні витрати на проведення модернізації устаткування, грн.; (поточних);

$S_{ei}$  – перевищення експлуатаційних витрат модернізованого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн;

$K_{Hi}$  – оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.

$\alpha$  – коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$\beta$  – коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$S_{\alpha i}$  – втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає модернізації.

Величина сукупних витрат на модернізацію устаткування може бути розрахована по формулі:

$$M_i = \Phi_{i\text{перв}}^{\text{мод}} \cdot K_i = 400000 \cdot 0,06 = 24000 \text{ грн},$$

де  $\Phi_{i\text{перв}}^{\text{мод}}$  – первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає модернізації, згідно даних підприємств, де експлуатується аналогічне обладнання, первісна вартість системи притискання  $\Phi_{i\text{перв}}^{\text{мод}} = 300$  тис. грн.;

$K_i$  – коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає модернізації, в даному випадку  $K_i = 0,06$  для картоноробних машин.

Модернізоване устаткування у процесі подальшої експлуатації, як правило, вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування складаються з таких витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів;
- витрати на придбання та виготовлення необхідних запасних частин;
- витрат на оплату праці ремонтного персоналу;
- інші поточні експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по модернізованому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням  $S_{e_i}$  може бути розрахована по формулі:

$$S_{e_i} = q_{b_i} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} - q_{b_n} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 0,12 \cdot 400000 - 0,1 \cdot 450000 = 3000 \text{ грн},$$

де  $q_{b_i}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає модернізації, в даному випадку  $q_{b_i} = 0,12$  – для картоноробних машин;

$q_{b_n}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування, в даному випадку  $q_{b_n} = 0,1$  для картоноробних машин;

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 450000$  грн – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування.

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{10250}{9700} = 1,057,$$

де  $T_{\text{мод}}$  – тривалість ремонтного циклу устаткування, яке підлягає модернізації;

$T_{\text{нов}}$  – тривалість ремонтного циклу аналогічного нового устаткування.

Коефіцієнт співвідношення продуктивності вдосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування  $\alpha$  розраховується по формулі [14]:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha = \frac{\Pi_i}{\Pi_{\text{нов}}} = \frac{6,19}{6,53} = 0,94,$$

де  $\Pi_i = 6,19$  кг/с – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає модернізації;

$\Pi_{\text{нов}} = 6,53$  кг/с – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу аналогічного нового устаткування.

Таблиця 8.2 – Значення коефіцієнту ефективності витрат  $n_{p_i}$  на модернізацію устаткування.

Величина коефіцієнта $n_{p_i}$	Висновок щодо доцільності модернізації устаткування
$n_{p_i} > 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору доцільна
$n_{p_i} < 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору недоцільна. Доцільним є придбання нового устаткування.
$n_{p_i} = 0$	Рішення про модернізацію устаткування приймається, виходячи з конкретних виробничих обставин.

Коефіцієнт ефективності витрат:

$$n_{p_i} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} + \alpha\beta + S_{\alpha_i}} = 1 - \frac{24000 + 3000}{450000 + 0,94 \cdot 1,057 + 0} = 0,94$$

де  $S_{\alpha_i} = 0$  – втрати від не до амортизації устаткування, яке підлягає модернізації;

$K_{H_i}$  – оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.

Висновок: оскільки  $n_{p_i} = 0,94 > 0$ , то модернізація устаткування з економічної точки зору доцільна.

## Висновок

У дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» на тему «Модернізація накату картоноробної машини для намотування картону в рулон. Комплексний»

У результаті виконання дипломного проекту було розроблено принципово новий механізм притискання, встановлений на рухому каретку, що дозволяє в чотири рази збільшити масу намотаного рулона. Модернізований накат дозволить в три рази збільшити продуктивність паперорізального верстата та кількість перезаправок машини. Розроблено опис технологічного процесу, вибрано тип накату, обґрунтовано вибір конструкції апарата, проведено порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами, проведено патентне дослідження, розроблено рекомендації з охорони праці, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: розрахунок часу намотування полотна, сил притискання рулону до поверхні циліндра, розрахунки на міцність, жорсткість та критичне число обертів тамбурного валу та циліндру накату, а також підібрано для них підшипники, розроблено рекомендації щодо монтажу та експлуатації, визначено рівень стандартизації та уніфікації, здійснено техніко-економічне обґрунтування модернізації. Частина розрахунків виконано у мові програмування Basic.

Графічна документація проекту виконана у середовищі КОМПАС 3DV-16 і включає в себе кресленик складальний: модернізація накату картоноробної машини – 2А1, циліндр накату – А1, тамбурний вал – А1, оболонка, кришка, цапфи – А1. До складальних креслень виконано специфікації.

За період виконання дипломного проекту отримано деклараційний патент на корисну модель. Модернізація спрямована на підвищення щільності намотування картону, і вирішується встановленням механізму притискання на рухому каретку, яка переміщується по направляючим, закріпленим до станини, за допомогою привідної системи.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Вывод

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» на тему «Модернизация наката картоноделательной машины для наматывания картона в рулон» разработан периферийный накат для наматывания картона.

В результате выполнения дипломного проекта было сделано принципиально новый механизм прижатия, установленных на подвижную каретку, что позволяет в четыре раза увеличить массу намотанного рулона. Модернизированный накат, позволяет в три раза увеличить продуктивность бумагорезательного верстака и количество перезаправок. Сделано описание технологического процесса, выбран тип наката, обосновано выбор конструкции аппарата, проведено сравнение основных показателей разработанной конструкции с аналогами, проведено патентное исследование, разработаны рекомендации по охране труда, сделаны расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции: расчет времени наматывания полотна, сил прижимания рулона к поверхности цилиндра, , разработаны рекомендации по монтажу и эксплуатации, определено уровень стандартизации и унификации, сделано технико-экономическое обоснование модернизации. Часть расчетов сделана на языке программирования Basic.

Графическая часть выполнена в среде КОМПАС – 3DV10 и состоит из сборочного чертежа: модернизация наката картоноделательной машины – 2 А1, цилиндр наката – А1, тамбурный вал – А1, оболочка, крышка, цапфы – А1. До сборочных чертежей сделано спецификации.

За период выполнения дипломного проекта получено декларационный патент на полезную модель. Модернизация направлена на повышение плотности наматывания картона, и обеспечивается установкой механизма прижимания на подвижную каретку, которая перемещается по направляющим, закрепленным на станине, при помощи системы привода

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Conclusion

In the diploma project of the educational qualification level "Bachelor" on the theme "Modernization of roll of cardboard machine " the peripheral roll winding mechanism has been developed for wrapping a cardboard.

Upon the conclusion of the diploma project, a description of the technological process was made, a rolling type was selected, the choice of the design of the apparatus was justified, the main indicators of the developed design were compared with the analog ones, the patent research was conducted, the labor safety recommendations were worked out, calculations were made that confirm the efficiency and reliability of the design: the calculations of time for wrapping of canvas, calculations of pressure forces of a roll to a cylinder's surface, calculations on durability, rigidity and a critical number of rotations of a reel spool and a roller cylinder of a winding mechanism and bearings for them were chosen, recommendations for installation and operation were developed, defined level of standardization and unification was defined, a feasibility study for modernization was carried out. A part of the calculations was made in the programming language Basic.

The graphic part of the project is made in the COMPAS 3DV-16 environment and consists of an assembly drawings: modernization of the roll winding mechanism of cardboard machine - 2 A1, roller cylinder - A1, tambourine shaft - A1; shell, cover, studs - A1. Specifications are made to the assembly drawings.

During the period of implementation of the diploma project a declarative patent of Ukraine for a useful model has been received. Modernization is aimed at increasing the density of wrapping the cardboard, and is solved by installing a roll control mechanism on a movable carriage, which moves along the guide, fixed to the frame, using the drive system.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік посилань

1. Пат. 55232 Україна, МПК(2009) D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини [Текст] / О. П. Мельник, О. М. Мулярська (UA). – № u201006224; заявл. 21.05.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл.№ 23 – 2 с. : ил.

2. Patent 6036137 USA, Int.Cl. B65H18/14. Apparatus and method for winding paper [Text] / Н. Ingemar Myren, Rfrlstad (USA), Switzerland (USA) – Appl. № 09/215024, Filed 17.12.1998; Date of patent 14.03.2000.

3. Patent 5249758 USA, Int.Cl. B65H18/08. APPARATUS FOR THE CONTINUOUS WINDING OF A WEB OF SHEET-LIKE MATERIAL, IN PARTICULAR A PAPER WEB [Text] / Gernot Muller (DE), Werner Schmid (DE) – Appl. № 635617, Filed 12.05.1989; Date of patent 05.10.1993.

4. Patent 5611500 USA, Int.Cl. B65H18/14. Reel would roll load sensing arrangement [Text] / Philip W. Smith (DE), Beloit (DE), Wis (DE) – Appl. № 528186, Filed 14.09.1995; Date of patent 18.03.1997.

5. Patent 5820065 USA, Int.Cl.<sup>6</sup> B65H18/08. Aparatus and method for reeling a web [Text] / Erik Altosaar (CA), Angelo Stephen De Bono, (CA), Kenneth Stephen Klenpner (CA). – № 796521; filed 06.02.1997; Date of patent 13.10.1998.

6. Patent 5544841 USA, Int.Cl.<sup>6</sup> B65H18/16. Method and apparatus for reeling a trawelling web into a wound web roll [Text] / James J. Didier (USA), Bruce L. Lindstrand (USA), Ernest W. Wight (USA); assignee Beloit Technologies (USA), Inc.(USA). – № 292594; filed 18.08.1994; Date of patent 13.08.1996.

7. Эйдли́н, И. Я. Бумаго-делательные и отделочные машины [Текст] / И.Я. Эйдли́н. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1970 – 624 с. : ил. ; – Библиогр.: с. 610–611. – 8000 экз.

8. Чичаев, В. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства [Текст]. В 2 т. Т. 2. Бумагоделательные машины / В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екимова ; под. общ. ред. В. А. Чичаева. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264 с.: ил. ; – 2900 экз.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. ГОСТ 1412–85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок [Текст].  
Взамен ГОСТ 1412–79 ; введ. 1987–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.

10. Писаренко, Г. С. Справочник по сопротивлению материалов [Текст] /  
Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев:  
Наук. думка, 1988. — 736 с.: ил. ; – Библиогр.: с. 724–725. – 43000 экз.

11. ГОСТ 7798–70. Болты с шестигранной головкой и шестигранные гайки  
диаметром до 48 мм [Текст]. Взамен ГОСТ 7798–62 ; введ. 1972–01–01. – М.:  
Изд-во стандартов, 1974. – 10 с.

12. Анурьев, В. И. Справочник конструктора–машиностроителя [Текст]. В  
3 т. Т. 2. Справочник конструктора–машиностроителя / В. И. Анурьев; под. ред.  
И. Н. Жестковой. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2006. - 960  
с.: ил. ; – 5000 экз. – ISBN 5-217-03344-4.

13. ГОСТ 5721–75. Подшипники роликовые радиальные сферические  
двухрядные [Текст]. Взамен ГОСТ 5721–57 ; введ. 1977–07–01. – М.: Изд-во  
стандартов, 1992. – 15 с.

14. Марчевський, В. М. Конструкторська документація курсових і  
дипломних проєктів [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. /  
В. М. Марчевський. – К.: Норіта-плюс, 2006. – 280с. : іл.; – Библиогр.: с. 277. –  
Предм. указ.: с. 245–254. – 200 прим. – ISBN 966-2975-04-7.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток А

### Документація до патентного дослідження

#### РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛБ51.09РП

Найменування теми Накат КРМ шифр теми ЛБ51.705541.000

Етап Проектування пристрою та його основних частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛБ51.07.04.2019

Обґрунтування регламенту пошуку

**Предмет пошуку:** - накат КРМ (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі)

**Мета пошуку інформації** – визначення патентної ситуації щодо холодильних циліндрів (визначення патентноспроможності проєктованого пристрою і визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

**Визначення держав пошуку.** Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Канада, Швейцарія

**Ретроспективність.** Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на корисну модель - 6 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2009-2019

**Класифікаційні індекси.** Міжнародна патентна класифікація: МПК3 – МПК7 – B65H19/22, B65H19/30, D21G3/00.

Уніфікована десятикова класифікація УДК 676.03

**Джерела інформації.** 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні бюлетені Укрпатенту і Роспатенту, 2) Науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу проектування картоноробних та папероробних машин.

Початок пошуку 07.04.2019 Закінчення пошуку 17.04.2019

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Довідка про пошук № ЛБ51.14.ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛБ51.705541.000

2

07.02.2019

(номер, дата)

Етап Проектування пристрою та його складових частин.

Номер, дата, завдання на проведення патентних досліджень

ЛБ51.07.04.2019.

Номер, дата регламенту пошуку ЛБ51.14РП, 17.04.2019.

Початок пошуку 07.04.2019 Закінчення пошуку 17.04.2019.

Таблиця А.1 – Регламент пошуку (форма А.1 згідно ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Ретро Спективність пошуку	Джерела інформації
1	2	3	4	5	6
Накат папероробної машини	Визначення патентоспроможності і проектуємого апарату й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці	Україна, Російська Федерація, США, Канада, Японія.	МПК3-МПК7 B65H19/22 B65H19/30 D21G3/0	1999 – 2019 р.	Національний й зарубіжні патентні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей;  «Бумагоделательные и отделочные машины». Изд.3е, испр. и доп. Эйдли И.Я.,
Спосіб і пристрій для намотування рулонів					

Накат папероробної машини					Лесная промышленность, 1995 – 624 с.
Спосіб і пристрій для намотування і транспортування рулонів					«Оборудование ЦБП». Чичаев В.А., Глезин М.Л., Екимова В.А., Ильинский М.В., Лихтер А.Д., Литвинов М.Д. – т. 2. – М.: Лесная промышленность, 1991 – 264 с

Таблиця А.2 - джерела інформації. Використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, що використана під час проведення пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науковотехнічна інформація
1	2	3	4	5	6
Накат папероробної машини	Україна, Російська Федерація, США,	МПК3-МПК7 B65H19/2 2 B65H19/3	Фонд НТУУ —КПІ Державна науково-технічна	Описи винаходів України № 125000. Описи винаходів	Національні й зарубіжні патентні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей;

Спосіб і пристрій для намотування рулонів	Канада, Японія.	0 D21G3/0	бібліотека України	Російської Федерації № 20000000206000 0. Бюлетені —Открытия. Изобретения», —Изобретения стран мира	«Бумагоделательные и отделочные машины». Изд.3е, испр. и доп. Эйдли И.Я., Лесная промышленность, 1995 – 624 с.
Накат папероробної машини					
Спосіб і пристрій для намотування і транспортування рулонів					

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця А.3 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

Предмет пошуку	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості про їх дію
1	2	3
Накат папероробної машини	Патент № 55233 (UA), МПК(2009) D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини – заявка № u201006224, 21.05.2010; опубл. 10.12.2008, Бюл.№ 23, 2010 р.	Діє
Накат папероробної машини	Патент № 5611500 (US), МПК3 B65H18/14. REAL WOULD ROLL LOAD ARRANGEMENT. Philip W. Smith, – заявка № 528186, 14.10.1997; опубл. 18.03.1999.	Діє
Спосіб і пристрій для намотування рулонів	Патент № 5375790 (US), МПК3 B65H18/16. REEL-UP WITH CENTRAL DRIVEN REELING DRUM. Tord O. S. Svanqvist, – заявка № 945732, 16.10.2001; опубл. 27.12.2003.	Діє
Спосіб і пристрій для намотування і транспортування рулонів	Патент № 6036137 (US), МПК3 B65H18/14. APPRATUS AND METOD FOR WINDING PAPER. H. Ingemanr Maren, – заявка № 09215024, 17.12.1998; опубл.14.03.2000.	Діє

У результаті проведення патентних досліджень встановлено:

1) Розроблена конструкція та її складові частини відповідають умовам патентоспроможності винаходу (корисної моделі).

2) Останнім часом винахідницька активність промислово розвинутих країн у галузі теплообміну залишається стабільною. Провідними державами у цій галузі є США, Фінляндія, Німеччина.

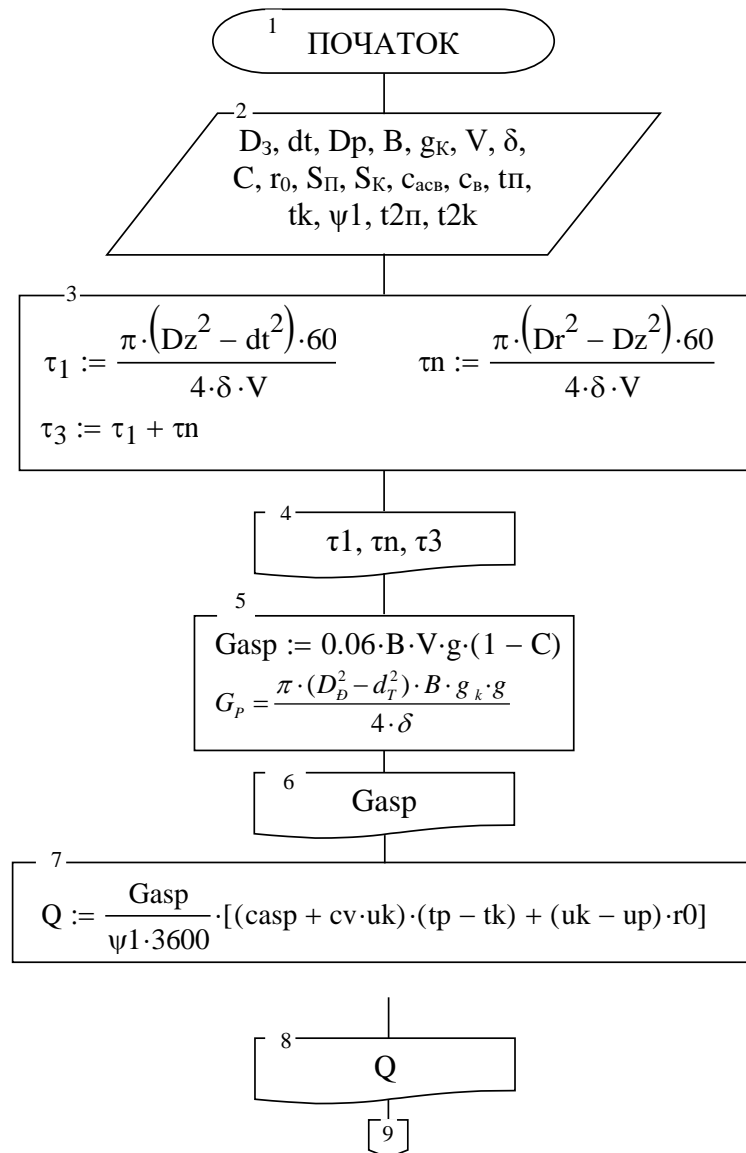
3) на основі проведеного аналізу патентів можна зробити висновок, що для намотування картонного чи паперового полотна за допомогою накату головні розробки направлені на патентування способів інтенсифікації процесу притискання та переміщення намотаних рулонів.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток Б

### Програмний розрахунок сил, що діють на циліндр холодильний

На рисунку Б.1 зображено блок – Алгоритм розрахунку параметрів процесу намотування потлотно на накаті



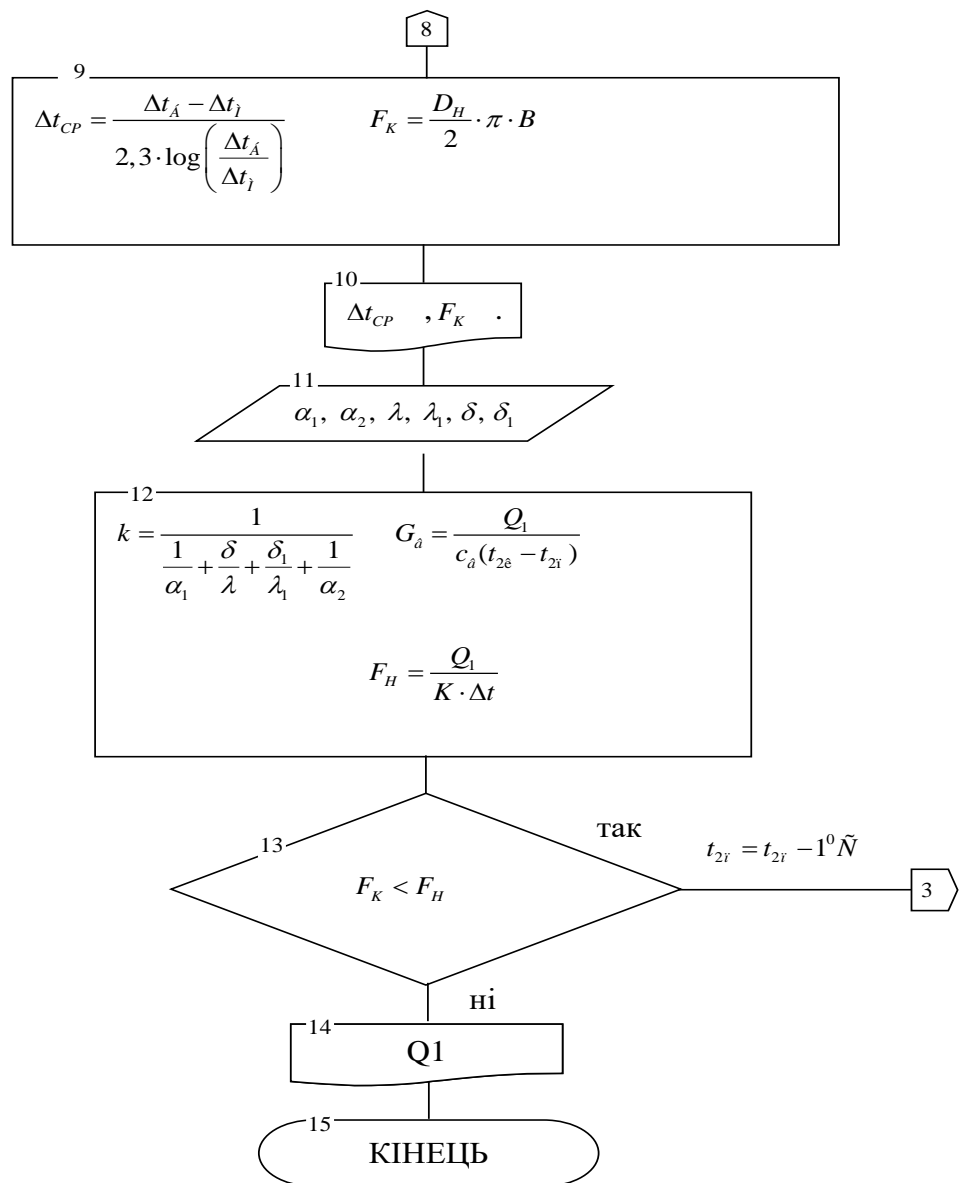


Рисунок Б.1 – Блок – схема розрахунку параметрів процесу намотування потлотно на накаті

Програма розрахунку сил, що діють на циліндр холодильний  
Програма технологічного розрахунку накату.

CLS

Визначення вихідних значень

$V = 860$  'Швидкість машини по приводу

$B = 4.2$  'Ширина паперу

$C = .074$  'Вологість паперу

$gr = 37$  'Маса паперу

$Dz = .45$  'Діаметр рулону на заправних важелях

$Dr = 2.3$  'Діаметр рулону

$dt = .42$  'Діаметр тамбурного валу

$deltap = .0002$  'Товщина паперу

$Dn = .9$

$tp = 50$  'Температура паперу до накату

$tk = 44$  'Температура паперу після накату

$t2p = 12$  'Температура холодної води

$t2k = 22$  'Температура теплої води

$alphaobhv = 145$

$psi = .9$  'Коефіцієнт використання тепла

$casp = 1.425$  'Питома теплоємність абсолютно сухого волокна

$cv = 4.185$  'Питома теплоємність води

$r0 = 2270$  'Питома теплота пароутворення

$Sp = 92.6$  'Сухість полотна початкова, %

$Sk = 92$  'Сухість полотна кінцева, %

$delta = .025$  'Товщина стінки циліндру

$lambda = 70$  ' Коефіцієнт теплопровідності матеріалу циліндра накату

$alpha1 = 1400$  ' Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої стінки циліндру

до охолоджуючої води

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\alpha_2 = 800$  ' Коефіцієнт тепловіддачі від полотна паперу до зовнішньої стінки циліндру намоту

Покриття. Якщо покриття не вказане, враховуватись не буде!

$\delta_1 = 0$  ' Товщина матеріалу покриття

$\lambda_1 = 0$  ' Коефіцієнт теплопровідності матеріалу покриття циліндру

Опції

$MAXiteration = 100$  ' Максимальна кількість підборів

визначення констант

$g = 9.8$

$\pi = 3.14$

Час намотування рулону на заправних важелях

$t_1 = (\pi * (D_z^2 - d_t^2) * 60) / (4 * \delta_{\text{tap}} * V)$

Час намотування рулону на тамбурний вал

$t_n = (\pi * (D_r^2 - D_z^2) * 60) / (4 * \delta_{\text{tap}} * V)$

Загальний час намотування

$t_z = t_1 + t_n$

PRINT "Час намотування на заправних важелях:";  $T_1$ ; "хв":

PRINT "Час намотування рулону на тамбурний вал:";  $t_n$ ; "хв":

PRINT "Загальний час намотування:";  $t_z$ ; "хв":

Продуктивність машини по абсолютно сухому паперу

$G_{\text{asp}} = 0.06 * B * V * g_p * (1 - C)$

Вага рулону

$G_{\text{rul}} = (\pi * (D_r^2 - d_t^2) * B * g_p * g) / (4 * \delta_{\text{tap}})$

PRINT "Продуктивність по абсолютно сухому паперу: ";  $G_{\text{asp}}$ :

PRINT "Вага паперу у рулоні ";  $G_{\text{rul}}$ :

Розраховуємо вологовміст паперу

$u_p = (100 - S_p) / S_p$  ' Початковий

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$uk = (100 - Sk) / Sk$  'Кінцевий

$up = .0799$

$uk = .087$

Кількість тепла яке відводиться від паперу

$Q = (Gasp / (psi * 3600)) * ((casp + cv * uk) * (tp - tk) + (uk - up) * r0)$

PRINT "Кількість тепла яке відводиться від паперу:"; Q:

Сереній тепловий напір (Т большая чтоб выделялось)

iteration = 0

$alphaobhv = alphaobhv * pi / 180$

calcT:

A\$ = "Досягнуто максимального значення підбору."

IF iteration >= MAXiteration THEN GOTO TError

iteration = iteration + 1

Захисть від від'ємного значення

IF t2p < 0 THEN A\$ = "Температура досягла від'ємного значення!":

GOTO TError

$deltaTb = tp - t2p$

$deltaTm = tk - t2k$

$deltaTsr = (deltaTb + deltaTm) / 2$

'Корисна поверхня теплообміну для циліндру накату

$Fk = (Dn / 2) * alphaobhv * B$

Коефіцієнт теплопередачі

$znamenatel = (1 / alpha1)$

$znamenatel = znamenatel + (delta / lambda)$

$znamenatel = znamenatel + (1 / alpha2)$

IF delta1 > 0 AND lambda1 > 0 THEN znamenatel = znamenatel + delta1 /  
lambda1

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K = 1 / \text{znamenatel}$

Необхідна площа теплообміну

$\text{Freq} = Q * 1000 / (K * \text{deltaTsr})$

Необхідна кількість води

$G_{\text{vod}} = Q / (c_v * (t_{2k} - t_{2p}))$

IF  $F_k < \text{Freq}$  THEN  $t_{2p} = t_{2p} - 1$ : GOTO calcT

finish:

PRINT "Середній тепловий напір: ";  $\text{deltaTsr}$ :

PRINT "Корисна поверхня теплообміну для циліндру накату: ";  $F_k$ :

PRINT "Коефіцієнт теплопередачі";  $K$ :

PRINT "Необхідна площа теплообміну";  $\text{Freq}$ :

PRINT "Необхідна кількість води";  $G_{\text{vod}}$ :

PRINT "Кількість ітерацій"; iteration:

PRINT "Підібрана температура";  $t_{2p}$ :

END

TError:

COLOR 4

PRINT A\$:

PRINT  $t_{2p}$

COLOR 7

GOTO finish

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Ідентифікатори роз'яснені в таблиці Б.1

Таблиця Б.1 перелік ідентифікаторів

N	Найменування	Позна-чення	Оди-ниця	Ідентифі-катор
1	Діаметр рулону на заправних важелях	Dз	м	Dz
2	Діаметр тамбурного вала	dt	м	dt
3	Діаметр рулону на робочих важелях	Dp	м	Dr
4	Діаметр циліндру накату	D <sub>ц</sub>	М	Dn
5	Обрізна ширина полотна паперу	B	м	B
6	Маса паперу	g	г/м <sup>2</sup>	gp
7	Час намотування на заправ очних важелях	τ <sub>1</sub>	с	t1
8	Час намотування на робочих важелях	τ <sub>н</sub>	с	tn
9	Загальний час намотування	τ <sub>з</sub>	с	tz
10	Швидкість накату	V	м/хв	V
11	Товщина паперу	δ	м	deltap
12	Вологовміст паперу	C	%	C
13	Питома теплота пароутворення	$\bar{r}_0$	кДж/кг	r0
14	Сухість полотна початкова	Sп	%	Sp
15	Сухість полотна кінцева	Sk	%	Sk
16	Питома теплоємність абсолютно сухого волокна	c <sub>асп</sub>	кДж/(кг·°C)	casp
17	Питома теплоємність води	c <sub>в</sub>	кДж/(кг·°C)	cv
18	Початкова температура паперу	t <sub>п</sub>	°C	tp
19	Кінцева температура паперу	t <sub>к</sub>	°C	tk
20	Початкова температура води	t <sub>2п</sub>	°C	t2p
21	Кінцева температура води	t <sub>2к</sub>	°C	t2k

22	Витрата охолоджуючої води	$G_{\theta}$	кг/с	Gvod
23	Площа поверхні теплопередачі	$F_{\Pi}$	$m^2$	Fk
24	Об'ємна витрата води	$G_v$	$m^3/c$	Gm
25	Товщина стінки циліндра	$\delta$	м	delta
26	Коефіцієнт теплопровідності чавуну	$\lambda$	Вт/(м·°C)	lambda
27	Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої стінки циліндру до охолоджуючої води	$\alpha_1$	Вт/( $m^2 \cdot ^\circ C$ )	alpha1
28	Коефіцієнт тепловіддачі від полотна паперу до зовнішньої стінки циліндру накату	$\alpha_2$	Вт/( $m^2 \cdot ^\circ C$ )	alpha2

**Додаток В**  
**Патенти, які використані в патентному дослідженні**

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток Г

### Публікації автора

Студента кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв **Ніколаєва Владислава Олеговича**.

1) Ніколаєв В. О. Модернізація накату папероробної машини . Ніколаєв В. О., Марчевський В.М. // Збірник тез доповідей XXIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів"(28-29 листопада 2018 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 103 с

2) Ніколаєв В. О. Модернізація механізму притискання накату папероробної машини Ніколаєв В. О., Марчевський В.М. // Збірник тез доповідей XXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів"(22-23 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018 – 105 с

3) Патент № 133786 України. МПК (2019.01) D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини/ Марчевський В.М., Ніколаєв В. О.; заявники Ніколаєв В. О., Марчевський В.М.; № у 2018 10700; заявл. 29.10.2018; опубл. 25.04.2019, Бюл. № 8.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## МОДЕРНІЗАЦІЯ НАКАТУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Ніколаєв В. О., к.т.н., проф. Марчевський В. М.

Національний технічний університет України

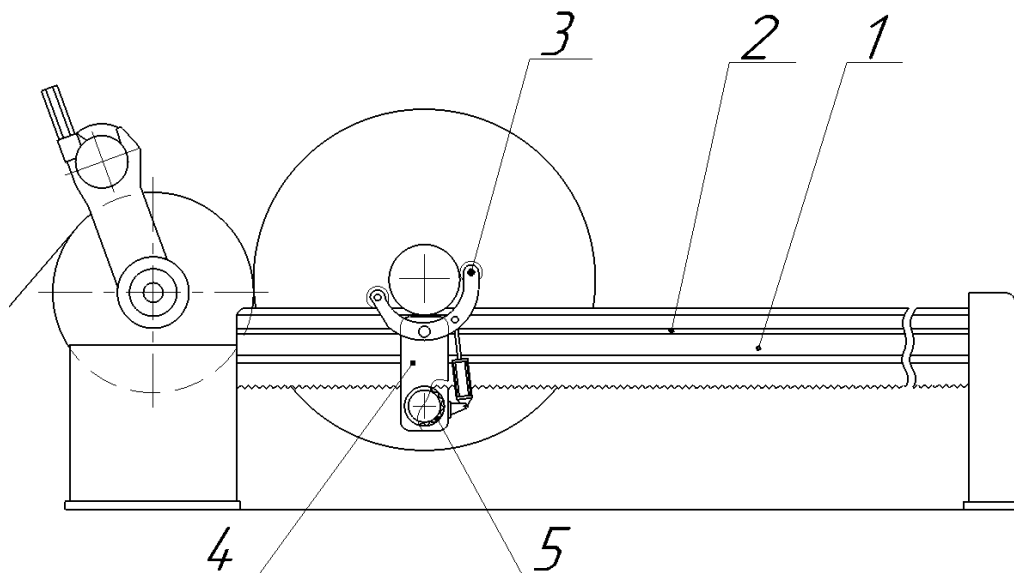
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Актуальною проблемою збільшення продуктивності папероробних машин і якості паперу є збільшення діаметра намотаного рулону.

Проаналізувавши існуючі об'єкти проектування [1], [2], [3], [4], виявлено таку проблему- конструкція важеля, закріпленого до станини, обмежує діаметр рулона.

В основу модернізації накату, поставлено задачу створення механізму, який дозволить намотувати рулон будь-якого діаметра, а також покращити щільності намотування паперу.

Поставлена задача вирішується шляхом встановлення механізму притискання на рухомому каретку, яка переміщується по направляючим, закріпленим до станини, за допомогою привідної системи.



1 – станина; 2 – направляючі; 3 – механізму притискання; 4 – каретка;  
5 – привідна система.

Рисунок 1 – Периферичний накат папероробної машини

Висновок: модернізація механізму притискання рулону папероробної машини дозволить: намотувати рулон будь-якого діаметра в межах довжини станини; зменшити число перезаправок; скоротити час переміщення приводом каретки на її стартову позицію, тому є доцільною, а розробка креслень нового пристрою є актуальною.

**Перелік посилань:**

1. Патент на корисну модель, МПК D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. №78697; заявл. 25.03.2013.
2. Патент на корисну модель, МПК D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. №55233; заявл. 10.12.2010.
3. Патент на корисну модель, МПК D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. №78696; заявл. 25.03.2013.
4. В. А. Чичаев, А. А. Васильев, И. А. Васильев и др. — М.: Лесная промсть, 1981. — 368 с

**УДК 676.058.1**

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ПРИТИСКАННЯ НАКАТУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ**

студент Ніколаєв В.О., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

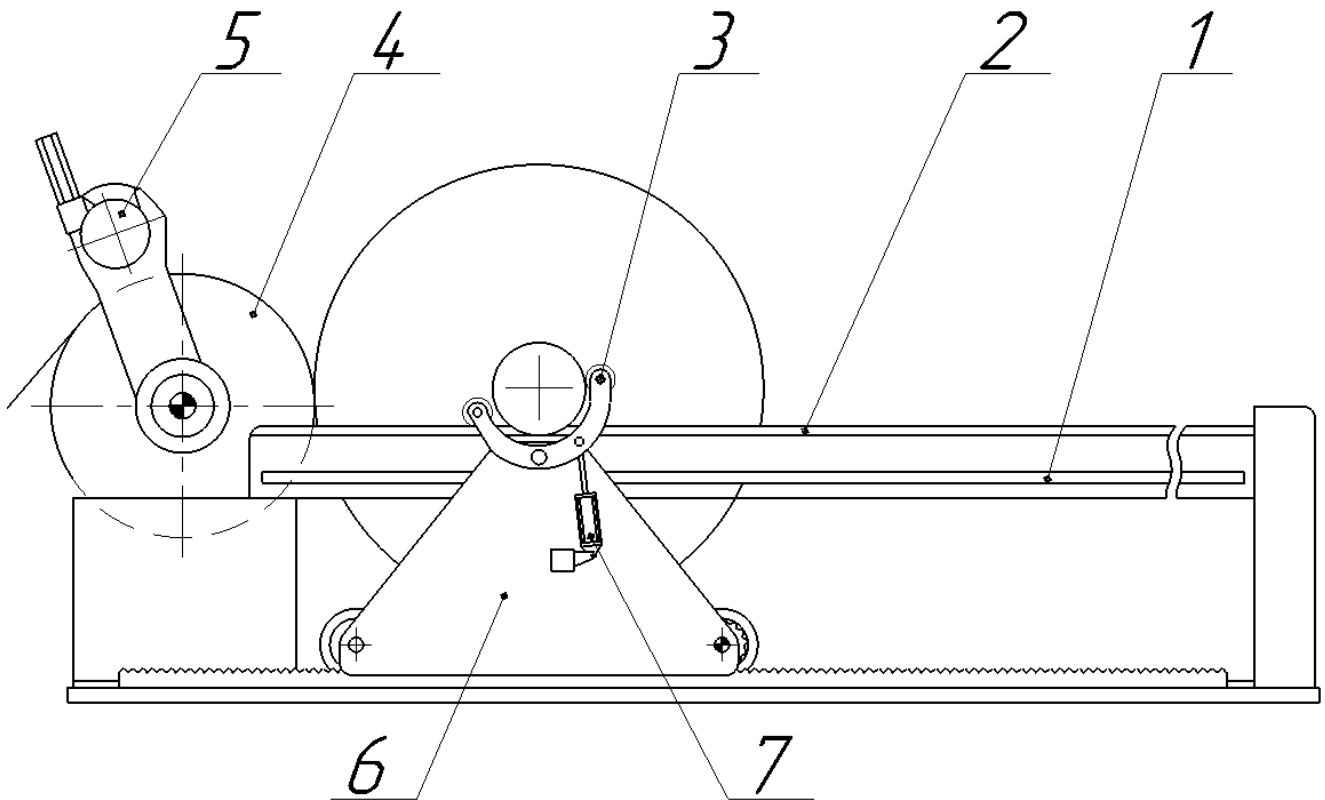
**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Важливою частиною наката папероробної машини є система притискання рулона до циліндра наката, яка забезпечує щільність та якість намотки. На сучасних накатах [1], [2], [3], використовується важільна система притискання, яка в якості силових механізмів використовує гідравлічні та пневматичні циліндри, синхронізацію яких важко забезпечити. При різних тисках повітря або рідини в циліндрах відбувається перекошення рулона, що викликає нерівномірність намотки та зменшення щільності намотки по довжині.

Основною задачею даної роботи є створення механізму притискання з одним силовим органом, який забезпечує абсолютно однакові зусилля притискання лівої і правої сторони рулона.

Такий механізм включає рухому платформу для установки тамбурного валу, з'єднану з станиною з зубчастими шестернями, що входять в зачеплення з зубчастими рейками розташованими і з'єднаними з одним валом до якого закріплений черв'ячний редуктор з'єднаний з електро двигуном на валу якого встановлені дискові гальма. Реверсивний двигун підводить каретку, яка приймає тамбурний вал з попередньо намотаною невеликою кількістю паперового полотна

Реверсивний двигун підводить каретку, яка приймає тамбурний вал з попередньо намотаною невеликою кількістю паперового полотна, зі збільшенням діаметру намотаного рулона каретка переміщується по станині зі швидкістю зростання діаметру рулона. Електричний привід переміщення каретки виключений. Для забезпечення необхідної щільності намотування, сила притискання рулона до циліндра наката регулюється гальмівним пристроєм, який створює гальмівний момент притисканням колодок до поверхні гальмівного диска.



1 – циліндр накату; 2 – тамбурний вал; 3 – механізм притискання;  
4 – станина; 5 – направляючі; 6 – каретка; 7 – пневмоциліндр

Рисунок 1 – Периферичний накат папероробної машини

Висновок: модернізація механізму притискання рулону папероробної машини дозволить: рівномірно намотувати паперове полотно, це збільшить щільність та якість намотки по довжині; скоротити час переміщення приводом каретки на її стартову позицію, тому є доцільною, а розробка креслень нового пристрою є актуальною.

### Перелік посилань:

1. Патент на корисну модель, МПК D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. №55233; заявл. 10.12.2010.
2. Чичаев В. А. “Оборудование целлюлозно-бумажного производства” в 2 томах. Том 2. “Бумагоделательные машины” / Чичаев В. А., Глезин М. Л. и др.— М.: Лесная пром-сть, 1981. — 264 с.
3. Патент на корисну модель, МПК D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. №78696; заявл. 25.03.2013.